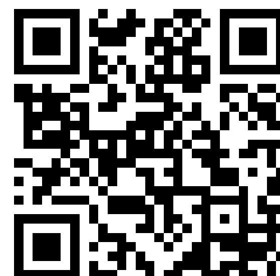
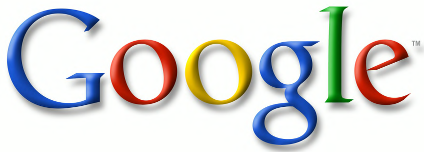




LA

REVUE ÉLECTRIQUE

ORGANE

DE L'UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ.

UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ.

COMITÉ CONSULTATIF DE RÉDACTION :

MM. Brylinski, Chaussenot, E. Fontaine, de la Fontaine-Solare, Meyer-May, E. Sartiaux, R. Sée, Tainturier.

COMITÉ DE PATRONAGE :

MM.

Guillain, Président de l'Union des Syndicats de l'Électricité.
Brylinski, Vice-Président de l'Union des Syndicats de l'Électricité.
Cordier, Vice-Président de l'Union des Syndicats de l'Électricité.
A. Coze, Vice-Président de l'Union des Syndicats de l'Électricité.
Meyer-May, Vice-Président de l'Union des Syndicats de l'Électricité.
Beauvois-Devaux, Trésorier de l'Union des Syndicats de l'Électricité.
Azaria, Administrateur délégué de la Compagnie générale d'Électricité.
D. Berthelot, Président de la Société d'Électricité de Paris.
Brachet, Directeur de la Compagnie d'éclairage électrique du Secteur des Champs-Élysées.
Carpentier, Membre de l'Institut, Constructeur électricien.
Debray, Directeur de la Compagnie parisienne de l'Air comprimé.
Eschwège, Directeur de la Société d'éclairage et de force par l'Électricité, à Paris.
H. Fontaine, Ingénieur électricien.
Genty, Président de l'Est-Lumière.
Harlé, de la Maison Sautter, Harlé et Cie.
Henneton, Ingénieur-Conseil.
Hillairet, Constructeur électricien.
Javaux, Président du Conseil directeur de la Société Gramme.
F. Meyer, Directeur de la Compagnie continentale Edison.
Mildé, Constructeur électricien.
Postel-Vinay, Constructeur électricien.
E. Sartiaux, Ingénieur électricien.
Sciama, Administrateur-Directeur de la Maison Bréguet.
Ch. de Tavernier, Directeur du Secteur électrique de la Rive gauche.
E. Fontaine, Secrétaire de l'Union des Syndicats de l'Électricité.

LA

REVUE ÉLECTRIQUE

ORGANE

DE L'UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION

DE

J. BLONDIN,

AGRÉGÉ DE L'UNIVERSITÉ, PROFESSEUR AU COLLÈGE ROLLIN,

RÉDACTEUR EN CHEF.

Avec la collaboration de :

MM. ARMAGNAT, BECKER, P. BOURGUIGNON, COURTOIS, DA COSTA,
JACQUIN, JUMAU, GOISOT, J. GUILLAUME, LABROUSTE, LAMOTTE, MAUDUIT, MAURAIN,
PELLISSIER, RAVEAU, G. RICHARD, TURPAIN, etc.

TOME XII.

Juillet-Décembre 1909.



PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,

Quai des Grands-Augustins, 55.

1909

PARIS — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS,

43751 Quai des Grands-Augustins, 55.

6e Année. – TOME XII. N° 133. — 15 JUILLET 1909.

LA REVUE ÉLECTRIQUE

ORGANE

DE L'UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ

Publiée sous la direction de J. BLONDIN, Agrégé de l'Université, Rédacteur en chef,

Revue paraissant deux fois par mois.

Abonnement. Paris : 25 fr. — Départements : 27 fr. 50. — Union postale : 30 fr. — **Le Numéro** : 1 fr. 50.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,

Quai des Grands-Augustins, 55.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J. Blondin, 171, Faubourg Poissonnière, Paris (9e).

Tome XII. **N° 133. — 15 juillet 1909.**

LA REVUE ÉLECTRIQUE

CHRONIQUE.

Dans notre Chronique du 30 janvier 1908 nous signalions les remarquables travaux effectués par les Ingénieurs des Ponts et Chaussées, R. Tavernier et R. de la Brosse, sous l'inspiration de la Direction de l'Hydraulique et des Améliorations agricoles du Ministère de l'Agriculture, en vue de déterminer avec précision nos **richesses hydrauliques de la région des Alpes**. Nous faisions ressortir combien ces travaux, résultant d'un vœu émis par le Congrès de la Houille blanche, dans la séance de clôture tenue à Chamonix le 13 septembre 1902, avaient d'importance au point de vue du développement des installations hydraulico-électriques, leurs résultats permettant aux industriels de se rendre compte de la puissance minimum et de la puissance moyenne qu'ils peuvent tirer des chutes d'eau situées dans les bassins étudiés.

A cette époque, les résultats de ces travaux se trouvaient rassemblés dans deux volumes, récemment publiés, des *Annales du Ministère de l'Agriculture* (t. I et II, fascicule 32); le premier volume était consacré à l'organisation et aux comptes rendus des études, le second aux résultats des travaux de planimétrie des bassins de l'Arve, de l'Isère et de la Durance et de ceux des affluents de ces rivières, aux déterminations des profils en long de quelques-unes de ces rivières, enfin aux observations hydrométriques et aux jaugeages des cours d'eau des bassins de l'Arve, de l'Isère, de la Durance et du Var.

Un troisième volume vient de paraître (1). Une de ses parties donne, sous forme de Tableaux et de Cartes, les résultats des mesures planimétriques relatives aux bassins des affluents du Rhône, situés au nord du bassin de l'Isère (des Dranses, du Fier, du lac du Bourget, du Guiers, etc.) et des affluents compris entre l'Isère et la Durance (de la Drôme, du Roubion, de la Berre, etc.) ; une autre fournit les résultats des jaugeages effectués jusqu'à fin de 1907 dans ces divers bassins, ainsi que dans ceux de l'Isère et de ses sous-affluents. Des annexes relatifs à l'emploi et au tarage des moulinets ayant servi dans ces mesures, deux Notes de M. Mougnié, conducteur des Ponts et Chaussées à Moutiers; enfin, une introduction de M. R de la Brosse, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées à Grenoble, complètent ce volume (2).

D'après cette introduction, le nombre des sta-

(1) *Compte rendu et résultats des études et travaux au 31 décembre 1907 du Service d'études des grandes forces hydrauliques (région des Alpes).* Un vol. $28^{cm} \times 16^{cm}$, 688 p. H. Dunod et E. Pinat, éditeurs.

(2) L'étude du bassin de la Durance et des bassins côtiers situés au sud de ce dernier a été confiée à M. R. Tavernier, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées; elle fera prochainement l'objet d'une publication analogue.

tions de jaugeages établies sur le territoire d'environ 26000^{km^2}, qui s'étend du lac Léman à la Durance, dépasse aujourd'hui une centaine; il n'était que de 30 en 1903, de 60 en 1905.

Presque toutes ces stations sont pourvues d'une passerelle placée en travers du cours d'eau, qui offre aux expérimentateurs un appui sûr et stable pendant leurs mesures. Toutefois, lorsque la rivière est large, comme l'Isère et les grands affluents du Rhône, et qu'en raison de cette largeur l'installation d'une passerelle n'est pas réalisable, des barques sont utilisées. Lorsque, au contraire, le cours d'eau à jauger se trouve concentré dans un lit très étroit, les jaugeages sont parfois effectués par la méthode du déversoir. Enfin, dans les stations situées au fond de ravins escarpés, où les crues atteignent de grandes hauteurs et où l'on ne pouvait installer en sécurité ni barques à cause de la violence du courant, ni passerelle à cause de la difficulté des abords, la solution a été obtenue par une nacelle suspendue à un câble amarré à un niveau convenable.

Dans chaque station se trouvent une ou plusieurs échelles hydrométriques dont les indications servent de bases aux mesures de débit; ces échelles sont, pour la plupart, en lave émaillée, excellente matière qui se montre, à l'usage, bien supérieure au métal peint ou lui-même émaillé. Le plus grand nombre des stations comporte en outre un appareil enregistreur des variations du plan d'eau, un *limnigraphe*, comme on l'appelle en Suisse. Ces limnigraphes, construits par la Maison Richard, sont de deux types : dans l'un les variations de niveau sont transmises au levier inscripteur au moyen d'un flotteur et d'un câble souple; dans l'autre elles sont enregistrées au moyen d'une poche élastique étanche, abritée sous une cloche en fonte et reliée par un tube capillaire à un manomètre qui commande le style.

Sauf dans quelques stations à déversoirs, les jaugeages sont effectués d'après les lectures de l'échelle hydrométrique et les indications des moulinets, moulinets qui ont reçu quelques perfectionnements de la part du constructeur, la maison Ott, de Kemplen (Bavière), ainsi que de la part des ingénieurs, en vue de mettre aussi complètement que possible leurs organes délicats à l'abri du contact des corps flottants. On fait usage aussi, mais beaucoup plus rarement, de quelques autres instruments de jaugeage, par exemple du tube Darcy qui, lui aussi, a reçu quelques perfectionnements de détails permettant d'obtenir la vitesse du liquide en un point donné sans calcul, par une simple lecture de son échelle mobile, spécialement graduée à cet effet.

Comme le moulinet ne donne la vitesse du courant au point où il est immergé que grâce à une formule où entrent des constantes numériques propres à l'instrument considéré, ces constantes doivent être déterminées par un tarage spécial, tarage qu'il convient d'ailleurs de renouveler de temps en temps pour s'assurer qu'elles n'ont pas varié et, dans le cas contraire, en fixer les nouvelles valeurs. Jusqu'en 1906, cette opération ne pouvait se faire en France que par des moyens improvisés, aucun établissement n'étant outillé pour cela. Depuis 3 ans, on a installé à Grenoble une station de tarage qui dispense de recourir comme auparavant aux laboratoires hydrotechniques de Berne ou de Munich.

Cette station se compose d'un manège monté sur une plate-forme en charpente dans la nappe d'eau immobile d'un fossé de l'enceinte fortifiée; le manège est actionné par un moteur triphasé; un bras fixé au manège supporte l'instrument à tarer. Au moyen d'un train d'engrenages on peut faire tourner l'instrument avec une vitesse variant de quelques centimètres à près de 5 m : s; cette vitesse est facilement mesurable. Quand elle est connue, ainsi que le nombre de tours qu'effectue en une seconde l'hélice du moulinet, le tarage est effectué.

Plus de mille jaugeages ont été effectués jusqu'à fin 1907. Pour certaines stations, où la courbe des débits présente une allure régulière et invariable, les opérations de jaugeage sont considérées comme terminées; pour beaucoup d'autres, d'installation récente ou dont l'accès est difficile, de nouvelles mesures sont nécessaires.

Les résultats obtenus sont pourtant déjà considérables. Ils ont permis de se rendre compte de l'allure des variations de débit suivant les saisons, et de fixer le débit caractéristique d'étiage et le débit caractéristique moyen [1] de nombreuses rivières. Ils fournissent ainsi, sur la puissance hydraulique qu'il est possible d'obtenir des cours d'eau étudiés, des données certaines qui éviteront aux industriels de faire, comme cela s'est présenté en plusieurs occasions, des travaux de captation hors de proportion avec la puissance hydraulique dont on dispose.

***

L'important article que M. DE BAILLEHACHE consacre à la description du **Laboratoire d'étalons du Board of Trade** (p. 19) est précédé d'une introduction qui nous dispense d'y insister. Les autres articles de ce numéro, tous très courts, n'ont guère besoin de commentaires. Nous reviendrons sur un ou deux d'entre eux. J. B.

---

(1) D'après la définition adoptée au Congrès de la Houille blanche, en 1902, le débit caractéristique d'étiage est celui au-dessous duquel le cours d'eau ne descend pas plus de 10 jours par an, consécutifs ou non; le débit caractéristique moyen, celui au-dessous duquel il ne descend pas plus de 180 jours par an, consécutifs ou non.

UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ.

Siège social : boulevard Haussmann, 63, Paris. — Téléph. : 276-35.

Syndicats adhérents à l'Union : SYNDICAT DES FORCES HYDRAULIQUES, DE L'ÉLECTROMÉTALLURGIE, DE L'ÉLECTROCHIMIE ET DES INDUSTRIES QUI S'Y RATTACHENT; SYNDICAT PROFESSIONNEL DES INDUSTRIES ÉLECTRIQUES; SYNDICAT PROFESSIONNEL DES INDUSTRIES ÉLECTRIQUES DU NORD DE LA FRANCE; SYNDICAT PROFESSIONNEL DE L'INDUSTRIE DU GAZ (USINES ÉLECTRIQUES DU); SYNDICAT PROFESSIONNEL DES USINES D'ÉLECTRICITÉ.

SYNDICAT PROFESSIONNEL DES INDUSTRIES ÉLECTRIQUES.

Siège social : rue Saint-Lazare, 11.
Téléphone : 238-60.

TREIZIÈME BULLETIN BIMENSUEL DE 1909.

Travaux de dérivation des sources du Volturno (Italie).

Un décret vient d'être signé concédant à la commune de Naples les sources du Volturno.

Le projet de dérivation hydro-électrique depuis Capo-Volturno, avec transport de force à Naples, pour l'usage des industries, a été étudié par l'Office technique de la ville de Naples et devra être exécuté pour l'Administration autonome (Ente) du Volturno.

Les sources surgissant entre les communes de Rocchetta et Castellone Volturno, dans la province de Campobasso, seront réunies par des ouvrages spéciaux, parmi lesquels un barrage important. Du bassin de réunion, au moyen d'un canal d'une longueur de 2500^{m}, et une triple conduite forcée, les eaux seront conduites sur les turbines hydrauliques de la Centrale hydro-électrique, qui sera établie dans le territoire de Rocchetta au Volturno, près du confluent du ruisseau Rocchetta avec le fleuve Volturno.

Là, les alternateurs accouplés directement aux turbines produiront l'énergie électrique, sous forme de courant triphasé, à 5000 volts, et des transformateurs élèveront cette tension à 45000 volts. Ainsi 16000 chevaux de force hydraulique, utilisés par les turbines, seront transformés en 10000 kilowatts d'énergie électrique triphasée, à 45000 volts de tension sur la ligne à haut potentiel qui, de l'usine hydro-électrique de Rocchetta, ira à Naples, avec un parcours de près de 90^{km}.

La ligne électrique sera double, c'est-à-dire constituée par deux sections de trois fils chacune, et il y aura, le long de la ligne, plusieurs cabines de sectionnement, dans lesquelles trouveront aussi place des appareils déchargeurs de surtension et tout ce qui sera encore nécessaire, selon les dernières inventions de la science électrique, pour protéger et garantir la bonne exploitation et le bon fonctionnement du transport de force. Une ligne téléphonique sera aussi établie entre Naples et la Centrale hydro-électrique, avec postes dans lesdites cabines de sectionnement.

A Naples sera construite l'usine électrique de réception, qui sera la Centrale de distribution de la force arrivant du Capo-Volturno. Le courant y sera abaissé de 45000 volts jusqu'à 6000 pour être divisé en trois lignes principales de distribution : la première aérienne, pour les établissements de la zone franche; la deuxième souterraine, avec câbles armés pour la Ville, et, éventuellement, la troisième aérienne pour les établissements de la zone occidentale de Naples aux Bagnoli. La Centrale de Naples sera pourvue d'une installation thermique de réserve, d'une puissance de 6000 chevaux, de sorte que, dans les heures de plus grande consommation d'énergie, on pourra, au besoin, augmenter les 10000 chevaux électriques provenant du Capo-Volturno des 6000 chevaux de l'installation thermique de réserve, portant à 16000 chevaux la puissance maxima de la Centrale de Naples.

Mais la ville de Naples a aussi obtenu de l'État l'engagement de la concession d'une deuxième chute du fleuve Volturno, en aval de la dérivation actuelle, et l'Office technique municipal prépare précisément le projet de cette deuxième installation, qui pourra faire augmenter d'encore 4000 chevaux la force transportée à Naples, en utilisant la même ligne construite pour la première installation, avec de grands avantages économiques; de sorte que, une fois cette seconde installation effectuée, l'énergie disponible à la Centrale de Naples, sera de 20000 chevaux, si elle n'est pas même augmentée d'un autre groupe thermique.

L'Administration autonome du Volturno doit pourvoir à l'exécution des travaux, qui, par la loi du 8 juillet 1904, est régie par le Conseil général, dont le président est le maire de Naples, par le Comité exécutif et par le directeur technique.

Une Commission spéciale, nommée par le Conseil général, a déjà présenté des études approfondies sur le fonctionnement de l'administration et sur la distribution des travaux suivant un plan financier des sommes qui seront concédées par la Caisse des Dépôts et Consignations.

Suivant ce plan financier, les travaux de dérivation et transport de l'énergie hydro-électrique à Naples auront une durée de trois années et seront répartis comme suit :

Dans la première année : pourparlers pour l'adjudication des travaux et commencement des *travaux de terrassements et constructions.*

Dans la deuxième année : captage de la source, canal, conduite forcée; bâtiment de l'usine hydro-électrique à Rocchetta, bâtiment de la Centrale à Naples.

Dans la troisième année : complément des travaux de

terrassements et constructions, exécution de la ligne de transport de l'usine de Rocchetta à Naples; installation des machines dans l'usine de Rocchetta et dans la Centrale de Naples; commencement des *travaux de la distribution de l'énergie* en ville.

Dans les années successives : complément des réseaux de distribution en ville, suivant les besoins de l'industrie et les demandes relatives.

(Communication de l'*Office national du Commerce extérieur.*)

Nous engageons ceux de nos adhérents que ce projet pourrait intéresser à envoyer sur les lieux des ingénieurs qui étudieraient les plans, visiteraient les localités, se renseigneraient sur la main-d'œuvre et étudieraient la question financière, de façon à être prêts à concourir au moment voulu.

Bibliographie.

MM. les membres adhérents peuvent se procurer au Secrétariat général :

1° Les Statuts du Syndicat;

2° Les annuaires du Syndicat;

3° La collection complète des Bulletins;

4° Les numéros séparés dont ils auraient besoin pour compléter leur collection;

5° Les instructions concernant les conditions d'établissement des installations électriques dans l'intérieur des maisons;

6° Les instructions générales pour la fourniture et la réception des machines et transformateurs électriques;

7° La Série de prix des travaux d'électricité établie par le groupe des Chambres syndicales du bâtiment et des industries diverses et le Syndicat Professionnel des Industries électriques (édition de 1907);

8° Le Rapport de M. Guieysse, sur les retraites ouvrières;

9° Les affiches dont l'apposition est prescrite par les lois réglementant le travail (voir *Bulletin* de juin 1905);

10° Les affiches « Dangers de l'alcoolisme » et « Conseils pour éviter la tuberculose »;

11° L'affiche indiquant les secours en cas d'accidents dus aux conducteurs d'énergie électrique;

12° La loi du 15 juin 1906 sur les distributions d'énergie; les décrets, arrêtés et circulaires relatifs à l'application de cette loi;

13° La convention pour la concession de la distribution de l'énergie électrique dans Paris.

Liste des documents publiés dans le présent Bulletin à l'intention des membres du Syndicat Professionnel des Industries électriques.

Avis commerciaux. — Rapports commerciaux des agents diplomatiques et consulaires de France, p. 40. — Tableau des cours du cuivre, p. 40.

SYNDICAT PROFESSIONNEL DES USINES D'ÉLECTRICITÉ.

Siège social : rue Tronchet, 27, Paris.
Téléphone : 225-92.

Treizième Bulletin bimensuel de 1909.

Extrait du procès-verbal de la séance de la Chambre Syndicale du 29 juin 1909.

Présents : MM. Brylinski, président; Berthelot, Tainturier, vice-présidents; Fontaine, secrétaire général; Chaussenot, secrétaire adjoint; Beauvois-Devaux, trésorier; Bizet, Debray, Cahen, Eschwège, Javal, Sée, de Tavernier, Tricoche, Widmer.

Absents excusés : MM. F. Meyer, président d'honneur; Brachet, vice-président; Azaria, Brillouin, de Loménie.

Nécrologie. — En ouvrant la séance, M. le Président fait part à la Chambre Syndicale de la perte douloureuse que le Syndicat a faite dans la personne de M. Charles Herbault, son premier président fondateur. Il rappelle qu'à la fondation du Syndicat, M. Charles Herbault avait donné la mesure de sa haute compétence de l'administration des affaires industrielles et financières, de son exquise urbanité et de sa grande valeur personnelle. C'est un homme de grand mérite qui disparaît. Ceux qui l'ont apprécié garderont le meilleur souvenir de sa personnalité, qui n'a cherché qu'à faire le bien et être utile à l'industrie française.

La Chambre Syndicale approuve les mesures qui ont été prises par le Bureau concernant les obsèques de M. Ch. Herbault. Elle décide qu'une Notice nécrologique sera publiée dans le *Bulletin*.

Nouveaux membres de la Chambre Syndicale. — M. le Président souhaite la bienvenue aux nouveaux membres de la Chambre Syndicale, MM. Cahen et de Tavernier, qui assistent pour la première fois à la séance; il est heureux de pouvoir compter sur leur concours puissant et effectif.

MM. Cahen et de Tavernier assurent la Chambre Syndicale de leur activité.

Il est rendu compte de la situation financière.

Démission de M. Dusaugey. — M. le Secrétaire général donne lecture de la lettre de M. Dusaugey du 28 juin par laquelle il donne sa démission de membre de la Chambre Syndicale.

La Chambre Syndicale donne acte à M. Dusaugey de sa démission.

Correspondance et travaux intérieurs. — M. le Secrétaire rend compte de la correspondance qui a été échangée avec les membres du Syndicat relativement au droit des propriétaires sur le sursol, aux difficultés avec les fournisseurs, aux assurances incendie, aux frais de contrôle, au prix des branchements établis dans les secteurs parisiens, à la commande des compteurs, etc. Il indique que depuis la dernière séance il y a eu dix demandes d'emplois nouvelles, trois offres et un placement indiqué comme réalisé.

Admissions. — M. le Président donne la parole à M. le Secrétaire général pour faire part des demandes d'adhésion et proposer les admissions. (*Voir* cette liste dans *La Revue électrique.*)

La Chambre Syndicale donne sa ratification à l'ad-

mission des personnes présentées dans la précédente séance.

CONSTITUTION DE COMMISSIONS. — M. le Président expose qu'à la suite du développement pris par les installations électriques dans Paris et du développement des canalisations souterraines en France, il croit intéressant de constituer une Commission spéciale des canalisations souterraines. Il demande à la Chambre Syndicale de confier la présidence de cette Commission à M. Widmer, qui est particulièrement autorisé pour diriger les travaux.

Cette proposition est adoptée à l'unanimité.

M. le Président propose ensuite d'instituer une Commission d'étude des questions nouvelles qui serait chargée de recueillir toutes les questions intéressantes et qui peuvent échapper au Secrétariat en raison de la multiplicité des occupations de M. le Secrétaire général. Il lui a paru que la présidence de cette Commission ne pourrait être mieux confiée qu'à M. de Tavernier.

Les questions ainsi sommairement examinées par cette Commission et mises en dossiers seraient soumises à la Chambre Syndicale, qui en opérerait la distribution entre les diverses Commissions.

Les deux présidents des Commissions nouvelles recruteront leurs membres d'accord avec le Bureau de la Chambre Syndicale. Au point de vue des honneurs, ils sont assimilés aux membres du Bureau.

TRAVAUX DES COMMISSIONS. — M. Tainturier, rapporteur, expose les dernières difficultés qui se présentent relativement au cahier des charges pour câbles à haute tension, en ce qui concerne la réfection des travaux de voirie après un accident intervenu à un câble reconnu défectueux.

Après discussion, la Chambre Syndicale arrête le texte qui sera proposé.

INSTRUCTIONS POUR LA RÉCEPTION DES MACHINES ET TRANSFORMATEURS ÉLECTRIQUES. — M. Eschwège rend compte qu'à la suite des travaux de la Commission intersyndicale, il semble possible de présenter, à la section spéciale des constructeurs du Syndicat professionnel des Industries électriques, une rédaction qui pourrait ensuite passer devant cette Chambre et être admise à l'Union.

COMMISSION POUR L'ACHAT EN COMMUN DES LAMPES A INCANDESCENCE. — Cette Commission va reprendre ses travaux par l'examen très prochain d'un projet déjà préparé de statuts d'association pour l'achat en commun de lampes à incandescence.

COMMISSION TECHNIQUE. — La Commission technique étudiera dans sa prochaine séance un Rapport sur le contrôle et l'amélioration du rendement dans les stations centrales.

REVISION DE L'ARRÊTÉ TECHNIQUE. — Il est donné connaissance à la Chambre Syndicale de la lettre du 11 juin du Ministère des Travaux publics demandant qu'au plus tard le 15 juillet les observations auxquelles l'application de l'arrêté technique pourrait donner lieu de la part du Syndicat soient transmises au Ministère. M. le Président opérera la concentration des documents qui lui seront soumis à ce sujet et les résumera.

ARRÊTÉ FIXANT LES CONDITIONS D'APPROBATION DES COMPTEURS TYPES D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE (Loi du 15 juin 1906). — M. le Président indique que cet arrêté a déjà été communiqué à la Commission technique.

ASSURANCES INCENDIE. — M. le Secrétaire donne lecture de la lettre d'un adhérent, en date du 4 juin, qui a été soumise à notre Assureur-Conseil, qui ne partage pas les appréhensions de notre adhérent et qui indique que cette interprétation est erronée, relativement aux surprimes pour appui des canalisations.

Le Secrétariat est chargé de donner à cette question la suite qu'elle semble comporter.

DOCUMENTS OFFICIELS. — M. le Secrétaire général donne lecture de la liste des documents officiels suivants :

Loi du 27 mai 1909 modifiant la quotité des taxes pour la contribution au fonds de garantie prévues à l'article 25 de la loi du 9 avril 1898 et à l'article 4 de la loi du 12 avril 1906, en matière d'accidents du travail (*Journal officiel,* 30 mai 1909). Décret portant règlement d'administration publique pour l'application de cette loi, du 29 mai 1909 (*Journal officiel,* 29 mai 1909).

Décret du 19 juin 1909 modifiant la nomenclature des établissements dangereux, insalubres et incommodes, et y ajoutant les industries de gaz pauvre, gaz à l'eau, etc., destiné à l'éclairage, au chauffage et à la force motrice (*Journal officiel,* 26 juin 1909).

Rapport sur la proposition de loi ayant pour objet de modifier l'article 37 et la disposition transitoire de la loi du 17 mars 1909 relative à la vente et au nantissement des fonds de commerce, par M. Cordelet (Sénat, 30 mars 1909).

Projet de loi portant codification des lois ouvrières, présenté par M. Viviani (Sénat, 16 février 1909).

Rapport sur la proposition adoptée par la Chambre des Députés sur les retraites ouvrières, par M. Cuvinot (Sénat, 2 avril 1909).

UNIFICATION DES PAS DE VIS (APPAREILS A GAZ). — M. le Secrétaire général indique que, conformément à l'autorisation de la Chambre Syndicale, les délégués de cette Chambre ont suivi les travaux du Congrès récemment tenu à Paris pour l'unification des pas de vis dans les appareils d'utilisation du gaz. Il résulte des renseignements communiqués que les vœux exprimés l'an dernier ont été quelque peu modifiés et qu'on ne pourra conclure définitivement, si tant est que ce problème difficile puisse être réalisé, que dans une session ultérieure.

COMPTEURS A GAZ. — Il est donné lecture à la Chambre Syndicale de l'extrait du Rapport publié par la Commission des Services publics de New-York, constatant la faible proportion de compteurs à gaz exacts sur les compteurs vérifiés dans cette ville.

UNION DES INDUSTRIES MÉTALLURGIQUES ET MINIÈRES. — M. le Secrétaire général indique aux membres présents les documents suivants émanant de cette Union :

407. Questions sociales et ouvrières. Revue du mois d'avril.

408. Texte du projet de loi adopté par la Chambre des Députés sur l'impôt sur le revenu.

409. Décret du 10 mai 1909 portant règlement d'administration publique pour l'exécution de la loi du 17 juillet 1908 sur les Conseils consultatifs du travail.

410. Questions sociales et ouvrières. Revue du mois de mai.

SYNDICAT PROFESSIONNEL DE L'INDUSTRIE DU GAZ. — La Chambre Syndicale donne acte de la communication qui lui est faite par M. le Président de la composition du Bureau de ce Syndicat pour l'exercice 1909.

BIBLIOGRAPHIE. — M. le Secrétaire général dépose sur le bureau : l'Annuaire du Syndicat des Mécaniciens, Chaudronniers et Fondeurs de France; le Bulletin de juin 1909 de la Fédération des Industriels et des Commerçants français qui contient une étude intéressante sur les grèves; le Bulletin de l'Exposition de Nancy; le Bulletin de l'Office international du Travail, nos 9-10 d'avril 1908; le compte rendu de la 5e assemblée générale du Comité de l'Association internationale pour la protection légale des travailleurs, et enfin le très intéressant compte rendu du Congrès international des Applications de l'Électricité de Marseille.

Liste des nouveaux adhérents depuis le 30 juin 1909.

Membres actifs.

MM.

CLERC (Louis), Directeur de la Compagnie parisienne de Force motrice, 83, rue du Temple, Paris, présenté par MM. Brylinski et E. Fontaine.

HOUSSIN (Henri), Propriétaire de l'Usine électrique de Saint-Rémy, par Montbard (Côte-d'Or), présenté par MM. Brylinski et E. Fontaine.

Membres correspondants.

MM.

ABONNENC (Joseph), Mécanicien-Meunier, à Luc-en-Diois (Drôme), présenté par MM. Brylinski et E. Fontaine.

AUDOUIN (Jean-Frédéric-Horace), Ingénieur, 119, avenue de Villiers, Paris, présenté par MM. Frère et E. Fontaine.

CROISSANT (Eugène), rue de la Navette, Limoges (Haute-Vienne), présenté par MM. Brylinski et E. Fontaine.

FRAISSE (Georges), Mécanicien électricien, 19, rue du Mont-Valérien, Suresnes (Seine), présenté par MM. Fontaine et Crépin.

LÉAUTÉ (André), ancien Ingénieur au corps des Mines, 20, boulevard de Courcelles, Paris, présenté par MM. Eschwège et Brylinski.

Usine.

Compagnie parisienne de Force motrice, 83, rue du Temple, Paris.

Bibliographie.

1° Collection reliée des Bulletins des années 1896 à 1899 (Tome I).

2° Collection reliée des Bulletins des années 1900 et 1901 (Tome II).

3° Collection reliée des Bulletins des années 1902 et 1903 (Tome III).

4° Collection reliée des Bulletins de l'année 1904 (Tome IV).

5° Collection reliée des Bulletins de l'année 1905 (Tome V).

6° Collection reliée des Bulletins de l'année 1906 (Tome VI).

7° Collection reliée des Bulletins de l'année 1907 (Tome VII).

8° Loi et décrets du 9 avril 1898 sur les accidents du travail.

9° Loi du 22 mars 1902 complétant celle du 9 avril 1898 dont la connaissance doit être donnée aux ouvriers par l'affichage dans les ateliers. Il y a lieu pour les membres adhérents de se pourvoir d'affiches répondant à ces nécessités.

Selon les préférences, le Secrétariat peut remettre aux adhérents soit la loi du 22 mars 1902 isolée, soit la loi du 9 avril 1898 remaniée et mise au point. Cette deuxième affiche est plus chère que la première.

10° Circulaire ministérielle du 19 août 1895 : secours à donner aux personnes foudroyées (*courants continus*).

11° Circulaire ministérielle du 19 août 1895 : secours à donner aux personnes foudroyées (*courants alternatifs*).

12° Études sur l'administration et la comptabilité des usines électriques, par A.-C. Ray.

13° Instructions pour l'entretien et la vérification des compteurs, à courant continu et à courant alternatif.

14° Rapport de la Commission des Compteurs, présenté au nom de cette Commission, par M. Rocher, au Congrès du Syndicat, le 13 juin 1903 (document strictement personnel et confidentiel réservé aux seuls membres du Syndicat).

15° Rapport fait au nom de la Commission chargée d'examiner le projet de loi sur les distributions d'énergie par M. A. Berthelot, député.

16° Projet de loi relatif aux usines hydrauliques sur les cours d'eau non navigables ni flottables, présenté au nom de M. Émile Loubet, Président de la République française, par M. Léon Mougeot, Ministre de l'Agriculture.

17° Projet de loi tendant à autoriser la Ville de Paris à emprunter une somme de 120 millions et à organiser le service du gaz, présenté au nom de M. Émile Loubet, Président de la République française, par M. E. Combes, Président du Conseil, Ministre de l'Intérieur et des Cultes.

18° Note sur la traction électrique des chemins de fer, par M. le Dr Tissot (Congrès du Syndicat, 1903).

19° Conférence de M. Chaumat sur la Télégraphie sans fil (Congrès du Syndicat, 1904).

20° Rapport fait au nom de la Commission de l'Administration générale, départementale et communale, des cultes et de la décentralisation, chargée d'examiner le projet de loi tendant à autoriser la Ville de Paris à emprunter une somme de 120 millions et à organiser le service du gaz, par M. Émile Morlot, député.

(*Adresser les commandes à M. le Secrétaire général.*)

Compte rendu bibliographique.

Il sera fait mention de tous les Ouvrages d'intérêt général relatifs aux Associations comme aussi de tous les Livres techniques utiles pour les applications du courant électrique, dont on fera parvenir deux exemplaires au Syndicat Professionnel des Usines d'Électricité.

Liste des documents publiés dans le Bulletin à l'intention des membres du Syndicat Professionnel des Usines d'Électricité.

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

TRANSFORMATEURS.

Grands transformateurs pour l'industrie électrochimique, par M.-H. YAZIDJIAN (*Elektrotechnische Zeitschrift,* t. XXX, 21 janvier 1909, p. 57). — Quand on veut utiliser les courants alternatifs à haute tension pour l'alimentation des fours électriques, il faut, à la station réceptrice, les ramener à une tension généralement comprise entre 30 et 200 volts, l'intensité pouvant atteindre jusqu'à 40000 ampères. Les transformateurs spéciaux qui opèrent cette réduction ont subi des progrès remarquables pendant ces trois dernières années tant au point de vue de la puissance (3000 à 4000 kilovolts-ampères) qu'au point de vue des perfectionnements apportés dans leur construction.

On peut énoncer les quelques règles suivantes dont l'observation est susceptible d'augmenter le coefficient de sécurité de l'exploitation, à savoir :

1° Isolation parfaite des spires à haute tension et des bobines aussi bien entre elles que par rapport au fer et à l'enroulement secondaire;

2° Fixation soignée des bobines primaires et secondaires pour leur donner une solidité mécanique aussi grande que possible;

3° Choix judicieux du nombre des spires secondaires, ainsi que des dimensions et des connexions des bobines;

4° Pour cet enroulement secondaire, emploi exclusif du cuivre électrolytique, bien homogène; jonctions et vis de serrage soignées;

5° Canaux de ventilation entre les bobines et les sections des bobines largement calculés;

6° Grande réactance de court-circuit.

Pour éviter les surtensions dues aux phénomènes de résonance des harmoniques d'ordre supérieur, on choisira une génératrice dont la courbe de tension se rapproche le plus possible de la forme sinusoïdale. L'auteur insiste sur la nécessité de donner à ces transformateurs une grande chute de tension inductive $L\omega I$, parce qu'on réduit sensiblement les impulsions de courant provenant d'un brusque court-circuit; de plus, pour qu'un four électrique travaille économiquement, il importe qu'il fonctionne à pleine charge; alors une valeur de $L\omega I$ élevée atténue l'effet désastreux des variations de tension. Enfin, en consentant une grande chute de tension inductive, on peut augmenter considérablement l'entrefer entre les bobines primaires et secondaires, ce qui a l'avantage de faciliter la ventilation et, par suite, d'éviter un échauffement local parfois imperceptible, mais capable de provoquer le grillage du transformateur. Le seul inconvénient d'une forte réactance de court-circuit est de diminuer le facteur de puissance du réseau; mais l'auteur montre que si $\cos\Phi = 0,8$, lorsqu'on donne à $L\omega I$ les valeurs 6 et 3, $\cos\Phi$ prend les valeurs 0,7766 et 0,7909, soit une différence de 0,014; par conséquent, de tels transformateurs peuvent être calculés pour une chute de tension de 6 à 8 pour 100 à pleine charge.

Les points de jonction des spires secondaires entre elles sont d'abord étamés, puis rivés et enfin soudés. Il faut apporter à ce travail les soins les plus minutieux; car un mauvais contact s'aggrave de plus en plus par échauffement jusqu'à ce que sa température soit assez élevée pour faire couler la soudure, et ensuite brûler le tube de micanite. Les connexions seront donc souvent contrôlées pour établir dans quelle proportion s'est accrue la résistance de contact.

Pour donner une idée des progrès réalisés dans la construction de ces transformateurs, nous donnerons la description et les résultats d'essais de quelques types provenant des ateliers d'Œrlikon.

Description. — Ces transformateurs sont du type

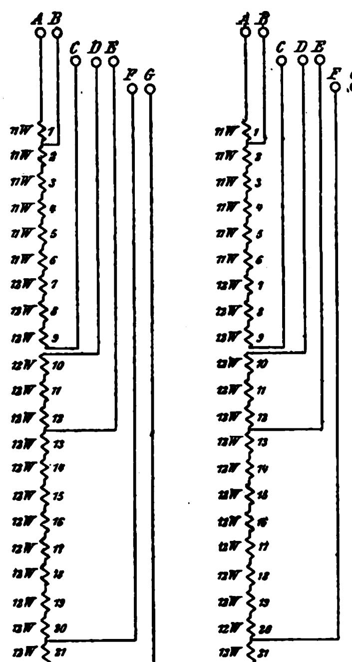


Fig. 1. — Schéma de l'enroulement haute tension.
Bobine I. Bobine II.

monophasé à noyau, à ventilation artificielle, d'une puissance de 4450 kilovolts-ampères, 25 périodes, avec les réductions de 15000 à 115-155 volts, 302 à 28700 ampères. Les deux bobines haute tension intérieures sont couplées en série et sont divisées chacune en 21 sections bien isolées et disposées pour une circulation facile de l'air. Elles comprennent en tout 492 spires; la figure 1 représente le dispositif schématique de ces bobines. Les bobines A, B, C, D, E, F, G aboutissent à différents points de l'enroulement primaire et offrent

la latitude d'obtenir aux bornes du secondaire des tensions de 115, 121, 127, 135, 145 et 155 volts par des combinaisons appropriées (*fig.* 1 à 4).

L'enroulement secondaire comprend 8 spires constituées par des lames de cuivre électrolytique et qui forment deux circuits de 4 spires connectés en parallèle. Des cylindres de micanite isolent les bobines primaires des bobines secondaires et du fer.

Le poids total d'un tel transformateur est de 14600^{kg}. Un appareil du même type, calculé pour 50 périodes et un seul rapport de transformation, aurait une puissance de 9000 kilovolts-ampères, ce qui correspondrait à 1^{kg},62 par kilovolt-ampère ou 1^{kg},19 par cheval électrique, si $\cos\varphi = 1$. Le Tableau comparatif suivant donnera une idée des progrès réalisés dans la construction des transformateurs au point de vue de l'encombrement :

PUISSANCE en k.v.a.	FRÉQUENCE.	REFROIDISSEMENT.	POIDS total en ton.	POIDS par k.v.a. en kg.	CONSTRUCTEUR.	DESTINATAIRE.
6750	50	Circul. d'huile.	38,0	5,63	Siemens-Schuckert Werke.	Sociedad hydroelec. espanola.
10000	60	Huile avec circul. d'eau.	85,0	8,50	G^{al} electric C^{o}, Schenectady.	Great Western Power C^{o}.
2200	60	Id.	26,2	11,80	Id.	Washington Water Power C^{o}.
3060	50	Circul. d'huile.	14,5	4,75	Maschinenfabrik Œrlikon.	Soc. pyrénéenne d'énergie électr.
2000	50	Ventil. artif.	8,0	4,00	Id.	S^{té} grenobloise de force et lumière.
3500	50	Id.	11,5	3,28	Id.	Soc. idrauliche del Moncenisio.

Les essais principaux sur ces transformateurs ont été faits avec le couplage 115 volts et 3300 kilovolts-ampères, dont la figure 2 donne les schémas. Nous indiquons en même temps (*fig.* 3 et 4) les connexions à réaliser pour 135 volts et 3875 kilovolts-ampères, 155 volts et 4450 kilovolts-ampères.

Essais à vide. — On a mesuré les tensions du côté secondaire de 10 à 120 volts, à la fréquence 26. La courbe P_0 de la figure 5 représente les pertes à vide et la courbe J_0 le courant à vide obtenus dans ces conditions de fréquence. Pour ramener les nombres déduits de ces courbes à leur valeur pour une fréquence 25 et pour une génératrice moderne à courbe de tension sinusoïdale, il y a deux corrections à effectuer. D'abord on déduit les pertes P de P_0 par la relation

$$P = P_0 \times \frac{26}{25},$$

qui est évidemment particulière au type de transformateur étudié et la tension E de E_0 par la même relation

$$E = E_0 \times \frac{26}{25} = 120 \text{ volts environ au lieu de } 115.$$

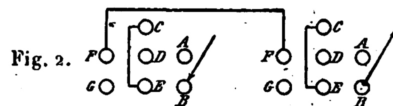
Fig. 2.


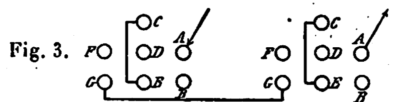
Fig. 3.


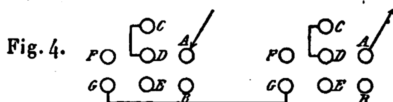
Fig. 4.


Fig. 2. — Couplage pour 115 volts et 3300 kilovolts-ampères.
Fig. 3. — Couplage pour 135 volts et 3875 kilovolts-ampères.
Fig. 4. — Couplage pour 155 volts et 4450 kilovolts-ampères.

L'auteur a reconnu également que le fait d'avoir alimenté le transformateur avec une génératrice à courbe aplatie augmentait les pertes à vide de 13 pour 100 et le courant de court-circuit de 7 pour 100.

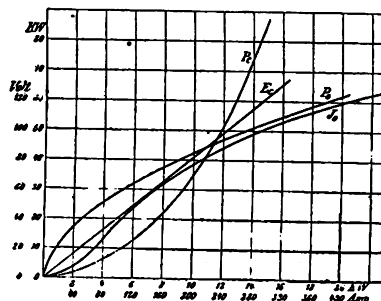


Fig. 5. — Courbes d'essais d'un transformateur de 4450 kilovolts-ampères.

P_0, pertes à vide (fréq. 26); P_c, pertes en court-circuit;
J_0, courant à vide (fréq. 26); E_c, Tension de court-circuit.

En tenant compte de toutes ces corrections, on constate que, si à 120 volts et 26 périodes

$$P_0 = 19 \qquad \text{et} \qquad J_0 = 405,$$

à 120 volts et 25 périodes on a

$$P = 17,5 \qquad \text{et} \qquad J = 416.$$

Comme à la tension secondaire de 115 volts à pleine charge correspond en réalité une tension de 120 volts, pour le calcul du rendement on a introduit les pertes mesurées à 120 volts. Le rapport de transformation à vide est

$$10000 : 81 = 123,5.$$

Essais de court-circuit. — On n'a effectué ces essais que sur un seul transformateur, à cause des grandes difficultés que présente la préparation d'un bon court-circuit, car les résistances au contact des barres de cuivre court-circuitant les spires secondaires peuvent facilement introduire des erreurs de 20 à 30 pour 100. On mesure avec un voltmètre sensible la petite tension secondaire qui se manifeste pendant l'essai en court-circuit, et, par approximations successives, on établit la loi de correspondance de la tension primaire en fonction de la tension secondaire, par exemple pour l'intensité normale. De cette formule, on déduit la tension de court-circuit vraie. Dans le cas actuel, on a trouvé qu'une élévation de 1 pour 100 de la tension secondaire normale entraînait une augmentation de 16 pour 100 de la tension primaire ou de court-circuit. Les courbes E_c et P_c de la figure 5 résument les résultats obtenus avec le transformateur n° 41440. Pour 26 périodes, on a trouvé :

Intensité primaire.	Tension primaire de court-circuit.	Pertes.
224 ampères (3300 k.v.a)..	900 volts	43,0 kw
302 » (4450 »)..	1230 »	87,2 »

Ces données doivent encore subir quelques corrections qui ont pour but de tenir compte : des erreurs provenant des mauvais contacts, de la fréquence, de la forme de la courbe de tension qui influe sur la tension de court-circuit et sur les pertes dans le cuivre, et enfin de la chute de tension. Pour cette dernière correction

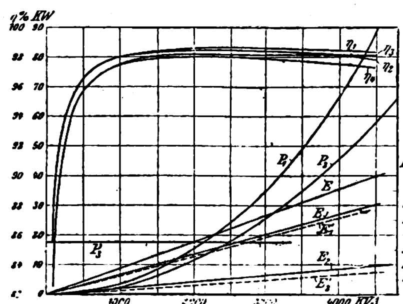


Fig. 6. — Transformateur de 4450 k.v.a, couplage 115 volts. η_1, rendement pour $\cos\varphi = 1$, d'après les pertes ohmiques; η_2, rendement pour $\cos\varphi = 1$, d'après les pertes en court-circuit; η_3, rendement pour $\cos\varphi = 0,8$, d'après les pertes ohmiques; η_4, rendement pour $\cos\varphi = 0,8$, d'après les pertes en court-circuit. — P_1, pertes en court-circuit; P_2, pertes ohmiques; P_3, pertes à vide. — E, tension de court-circuit; E_1, chute de tension pour $\cos\varphi = 0,8$, d'après les pertes en court-circuit; E'_1, chute de tension pour $\cos\varphi = 0,8$, d'après les pertes ohmiques; E_2, chute de tension pour $\cos\varphi = 1$, d'après les pertes en court-circuit; E'_2, chute de tension pour $\cos\varphi = 1$, d'après les pertes ohmiques.

on a décomposé la courbe de tension en ses harmoniques et calculé la chute de tension de la courbe sinusoïdale équivalente. C'est ainsi que l'auteur a pu établir les courbes de la figure 6 relatives à un transformateur de 4450 kilovolts-ampères, couplé pour 115 volts. En introduisant toutes ces corrections, le Tableau ci-dessus devient :

Intensité primaire.	Tension primaire de court-circuit.	Pertes.
224 ampères (3300 k.v.a)...	865 volts	45,2 kw
302 » (4450 »)...	1180 »	86,0 »

Mesure de résistances. — Les résistances ohmiques ont été mesurées en courant continu. On a obtenu comme moyennes d'un certain nombre d'expériences :

	ohm
Au primaire : 2 bobines en série	0,27
Au secondaire : 1 bobine	0,0000434
» : 2 bobines en série	0,0000437

Pour une puissance de 3300 kilovolts-ampères, la perte ohmique totale est donc de 31,5 kilowatts et, pour 4450 kilovolts-ampères, 57,4 kilowatts.

Pendant les essais en court-circuit, les bobines n'étaient pas ventilées ; leur température s'est élevée d'environ 15°. En conséquence, il est nécessaire d'augmenter les pertes ohmiques de 6 pour 100 si l'on veut les comparer aux pertes en court-circuit. Les rapports sont donc :

$$3300\ \text{k.v.a..}\quad \frac{\text{Pertes en court-circuit}}{\text{Pertes ohmiques} \times 1,06} = \frac{42,5}{1,06 \times 31,5} = 1,27$$

$$4450\ \text{k.v.a..}\quad \frac{\text{Pertes en court-circuit}}{\text{Pertes ohmiques} \times 1,06} = \frac{86}{1,06 \times 57,4} = 1,41$$

Ainsi, pour une puissance de 3300 kilovolts-ampères correspondant à une intensité de 28700 ampères au secondaire, les pertes en court-circuit sont seulement de 27 pour 100 plus grandes que les pertes ohmiques ; et, pour 4450 kilovolts-ampères ou 38700 ampères au secondaire, la proportion est de 41 pour 100. Ce sont, dit l'auteur, des résultats très remarquables pour de tels transformateurs dont les pertes en court-circuit sont souvent 2 et même 2,5 fois plus grandes que les pertes ohmiques. En effectuant un grand nombre d'expériences sur d'autres transformateurs, on a pu déterminer les pertes des bobines primaires ; en retranchant

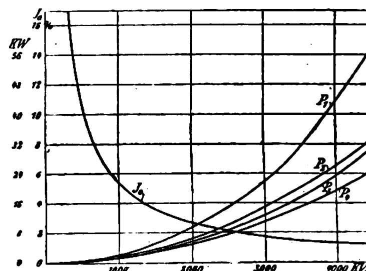


Fig. 7. — Transformateur de 4450 k.v.a, couplage 115 volts. P_1, pertes en court-circuit des bobines basse tension; P_2, pertes ohmiques des bobines basse tension; P_3, pertes en court-circuit des bobines haute tension; P_4, pertes ohmiques des bobines haute tension; J_0, courant à vide en pour 100 du courant de charge.

celles-ci des pertes totales, on a obtenu les pertes en court-circuit au secondaire. C'est ce que donnent les courbes de la figure 7.

1...

Essais en surtension. — Pendant 30 minutes, on a soumis l'isolant à une tension de 30000 volts, l'enroulement secondaire étant réuni électriquement à la masse ainsi que l'un des conducteurs d'amenée du courant dont l'autre aboutissait à l'enroulement haute tension.

Couplage 155 *volts.* — L'auteur n'a pas fait de mesures spéciales pour ce couplage correspondant à la puissance normale du transformateur; il en a déduit les courbes caractéristiques des données obtenues avec le montage 115 volts et en s'aidant en outre des résultats fournis par un petit transformateur de 10 kilovolts-ampères dont le noyau était constitué par du fer de même qualité que celui des grands transformateurs et qui recevait du courant à 25 périodes par seconde. On a trouvé pour les pertes et le rendement des nombres tout aussi favorables.

Nous reproduisons dans le Tableau ci-dessous les rendements garantis par les constructeurs et en regard, ceux fournis par les mesures directes.

		MARCHE A VIDE.		RENDEMENT en pour 100 de la charge; cos φ = 1.				RENDEMENT en pour 100 de la charge; cos φ = 0,8.				CHUTE DE TENSION en pour 100.	
		Pertes en kilowatts.	Courant en pour 100 du courant normal.	4/4.	3/4.	2/4.	1/4.	4/4.	3/4.	2/4.	1/4.	cos φ = 1.	cos φ = 0,8.
Couplage 115 volts : 3300 k.v.a.	garantis.	24	"	98	98	97,8	97	97,5	97,5	97,2	96,2	"	"
	mesurés.	17,5	1,5	98,54	98,61	98,48	97,7	98,18	98,26	98,11	97,12	1,4	4,5
Couplage 155 volts : 4450 k.v.a.	garantis.	"	"	98	98	97,8	97	97,5	97,5	97,2	96,2	1	5
	mesurés.	28,6	3,4	98,56	98,55	98,33	97,3	98,21	98,11	97,92	96,65	1,2	4,4

Depuis 1905, il est sorti des ateliers des Maschinenfabrik Œrlikon un grand nombre de ces transformateurs spéciaux représentant une puissance totale d'environ 130000 kilovolts-ampères. Leur débit varie entre 10000 et 40000 ampères; leur puissance est en moyenne de 1200 kilovolts-ampères et ils travaillent généralement à pleine charge. Un type particulier de 650 kilovolts-ampères, 2000/35 à 50 volts, 16250 ampères, 20 p : s, est muni d'un réducteur qui permet de faire croître la tension de volt en volt depuis 35 à 50 volts. Sur douze autres appareils de 1400 kilovolts-ampères, 11000/35 à 50 volts, 39400 ampères, 25 p : s, livrés à la même Société que le précédent, on a établi des prises de courant par fiches qui permettent aussi de réaliser des connexions augmentant la tension volt par volt.

B. K.

Sur un fait d'apparence anormale auquel donnent quelquefois lieu les transformateurs industriels, par GACOGNE et A. LÉAUTÉ (*Comptes rendus*, t. CXLVIII, 10 mai 1909, p. 1250). — Au cours d'expériences faites avec des transformateurs industriels, les auteurs ont observé un phénomène qui paraît singulier au premier abord, mais dont ils ont réussi à trouver l'explication.

Ce phénomène est le suivant : soient aa' et bb' les enroulements secondaires de deux transformateurs A et B. Les appareils employés pour cette expérience étaient des transformateurs de 16 kilowatts; on faisait passer un courant alternatif de 12 ampères, 98 volts, 53 périodes : sec, dans l'enroulement primaire de chacun d'eux, et l'on obtenait ainsi, en circuit ouvert, une différence de potentiel efficace de 20000 volts entre les extrémités a et a' ou b et b' des enroulements secondaires. Dans ces conditions, si d'une part on connecte a et b aux bornes d'un ampèremètre α_1, et que d'autre part on relie a' et b' par un circuit comprenant un second ampèremètre α_2 et un éclateur E, on constate, pour un courant primaire de 12 ampères, 110 volts à une distance convenable des boules de l'éclateur E, que les deux ampèremètres α_1 et α_2, malgré qu'ils soient placés en série, sont parcourus par des courants d'intensités très différentes : c'est ainsi qu'on voit α_2 marquer 1,8 ampère, tandis que l'aiguille de α_1 reste sensiblement immobile. La même observation peut être faite pour diverses valeurs du courant primaire; toujours le courant dans α_2 est supérieur au courant dans α_1 et l'intensité du premier peut quelquefois être égale à 100 fois celle du second.

Ce fait peut être expliqué aisément si l'on se reporte aux recherches faites par l'un des auteurs sur certains effets de la capacité dans les bobines de self-induction [1], capacité due à ce que, dans une bobine, deux couches consécutives de fil fonctionnent comme les armatures d'un condensateur dont le diélectrique serait formé par l'isolant qui entoure le fil.

Pour s'assurer d'ailleurs que le phénomène relaté plus haut est bien dû à la capacité des transformateurs, les auteurs ont refait la même expérience avec deux bobines secondaires très plates, ayant la forme de galettes et ayant, en raison de ce mode de construction, une capacité très faible; ces deux secondaires étaient excités par un même primaire et l'ensemble des enroulements, au lieu d'être monté sur un noyau en fer, était monté sur un noyau en bois. Dans ces conditions, quels que soient le courant passant dans le primaire et l'écartement des boules de l'éclateur, les déviations qu'on observe sur les deux ampèremètres sont identiques. Mais, si l'on réunit les extrémités des enroulements secondaires aux armatures d'un petit condensateur (0,002 à 0,006 microfarad), on observe l'anomalie signalée précédemment.

[1] A. LÉAUTÉ, *Comptes rendus*, t. CXLVI, 1908, p. 1209.

Suivant les auteurs il résulte de cet ensemble d'observations que toute ligne sur laquelle sont branchés des transformateurs doit être considérée comme parcourue, à cause de la capacité de ces appareils, et tout au moins dans leur voisinage, par des courants oscillatoires de grande fréquence.

DIVERS.

Sur l'effet utile des canaux de ventilation, par G. OSSANNA (*Elektrotechnik und Maschinenbau*, t. XXVII, 23 mai 1909, p. 489 à 493). — L'auteur montre dans cette étude que l'effet utile des canaux de ventilation peut être très important si le paquet de tôles est judicieusement divisé.

On sait, d'après une étude de L. Ott, que la conductibilité calorifique d'un paquet de tôles, perpendiculairement aux tôles, est environ 100 fois plus faible que la conductibilité dans le sens des tôles; on en a conclu, peut-être un peu rapidement, que les canaux de ventilation n'avaient aucun effet utile; l'auteur s'efforce de prouver que, malgré ces conditions défavorables, l'effet utile des canaux de ventilation est encore considérable. Dans ce but l'auteur considère un paquet de tôles sans

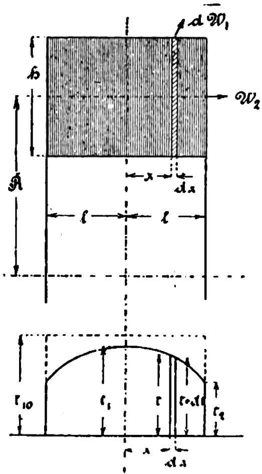


Fig. 1.

enroulement (*fig.* 1) de longueur $2l$, d'épaisseur radiale h et de rayon moyen R, limité à chaque extrémité par un canal de ventilation; il suppose : 1° que la perte par centimètre cube est partout la même dans le paquet de tôles; 2° que la conductibilité calorifique dans le sens des tôles est infinie; 3° que la conductibilité perpendiculairement aux tôles est celle donnée par Ott.

L'auteur établit la loi de répartition de la température sur les surfaces du paquet de tôles, à l'aide d'un calcul simple, mais un peu trop long pour être intercalé dans cette analyse; les résultats en sont d'ailleurs nettement visibles sur le diagramme au bas de la figure 1 : on voit par exemple que τ_1 est la température au milieu du paquet de tôles, τ_2 la température à l'extrémité du paquet de tôles et τ_{10} la température qu'aurait le paquet de tôles si les canaux de ventilation n'avaient aucun effet.

L'auteur a établi un certain nombre de courbes qui montrent l'influence des canaux de ventilation en différents cas : 1° pour des hauteurs radiales de tôles h égales à 10^{cm}, 20^{cm}, 30^{cm}; 2° pour trois valeurs de la ventilation représentées par $\tau_0 = 500$, 300 et 100.

On voit sur la figure 2 que le rapport $\frac{\tau_1}{\tau_{10}}$ est d'autant plus favorable, c'est-à-dire est d'autant plus faible, que

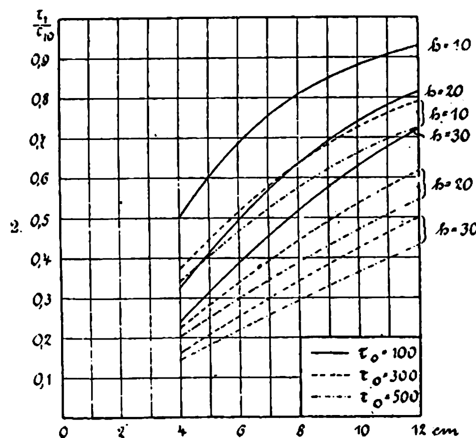


Fig. 2.

la hauteur (l'épaisseur) du paquet de tôles est plus faible et que la hauteur radiale est plus grande, et que dans les cas rencontrés le plus souvent dans la pratique ce rapport est compris entre 0,3 et 0,5; de sorte que l'effet utile des canaux de ventilation est relativement considérable.

Les courbes de la figure 3 montrent que le rapport $\frac{\tau_m}{\tau_1}$ est peu variable (τ_m température moyenne) et est indé-

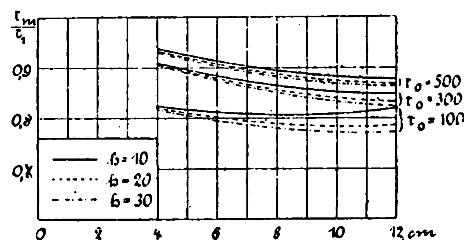


Fig. 3.

pendant, pratiquement, de l'épaisseur du paquet, pour une valeur donnée de τ_0.

Par contre, le rapport $\frac{\tau_2}{\tau_1}$ est fortement variable avec l'épaisseur du paquet de tôles (*fig.* 4); la hauteur radiale a peu d'influence sur ce rapport.

Les rapports $\frac{\tau_2}{\tau_m}$ desquels dépend le degré d'effet des canaux de ventilation par rapport aux surfaces cylin-

driques du paquet de tôles sont fortement variables avec l'épaisseur du paquet et aussi avec l'effet utile de la ventilation τ_0 (*fig.* 5). L'effet utile du canal de ventilation est d'autant plus grand que la ventilation est plus mauvaise. Le rapport $\frac{\tau_2}{\tau_m}$ varie peu avec la hauteur radiale des tôles; pour $\tau_0 = 500$, cette variation entre $h = 10$ et $h = 30$ est si faible, que les trois courbes se superposent, de sorte que, dans la figure, une seule a été représentée.

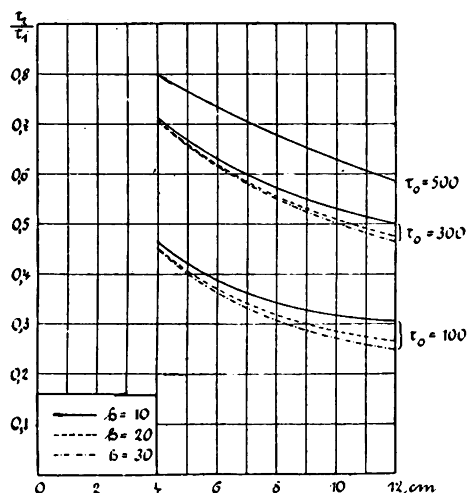


Fig. 4.

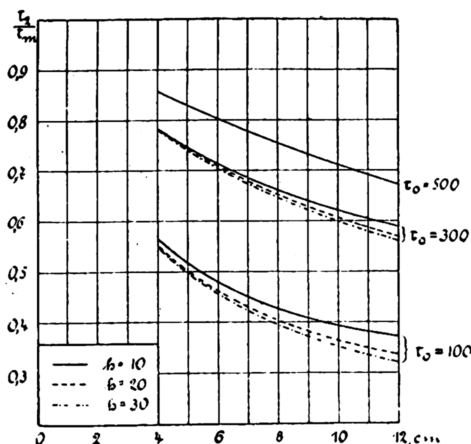


Fig. 5.

Finalement, dans la figure 6, l'auteur a tracé les courbes du rapport $\frac{w_2}{w_1}$, c'est-à-dire les courbes du rapport des quantités de chaleur dissipées par les canaux de ventilation (w_2) à celles dissipées par les surfaces cylindriques (w_1). Ce rapport est d'autant plus grand que l'épaisseur du paquet est plus faible, que la hauteur h est plus grande et que la ventilation est moins efficace.

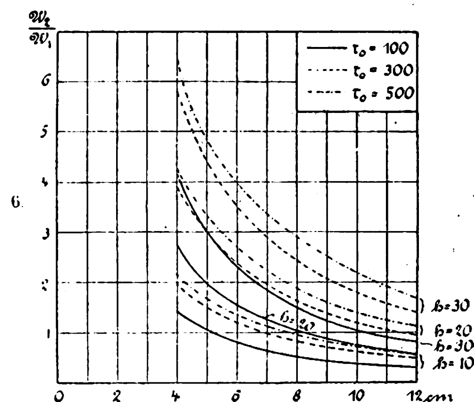


Fig. 6.

Cependant pour une bonne ventilation ($\tau_0 = 100$) on peut encore prendre une épaisseur de tôles telle que w_2 soit encore quatre fois plus grand que w_1; pour obtenir ce résultat, il est nécessaire de diminuer l'épaisseur du paquet à 4^{cm} ou 5^{cm}. E. B.

Utilisation de la puissance du vent, par E. LANCASTER (*Engineer*, 19 et 26 mars 1909). — Après avoir rappelé les anciennes applications des moulins à vent, l'auteur expose les principes du fonctionnement d'un moteur mû par un courant d'air. Il met en parallèle les anciennes ailes en toile avec les nouvelles roues éoliennes. Il donne ensuite des données intéressantes sur le régime des vents en Angleterre, soit sur les côtes, soit à l'intérieur. Enfin, il indique quelques applications dans lesquelles on peut encore employer les moulins à vent. Les principales sont : l'élévation de l'eau pour l'irrigation et la production de l'éclairage électrique au moyen d'une dynamo et d'une batterie d'accumulateurs. La dynamo doit être munie d'un dispositif spécial de réglage de la vitesse, de façon à empêcher de trop grandes variations de voltage. Le principe général des procédés employés à cet effet consiste à permettre un certain glissement de la courroie commandant la dynamo quand la vitesse de la roue éolienne s'accroît. Il est à noter que, pour cette dernière application, on profite du fait que le vent sera généralement plus violent en hiver, c'est-à-dire quand la consommation d'électricité sera également plus importante.

TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE.

TÉLÉGRAPHIE.

Sur une application nouvelle de la superposition, sans confusion, des petites oscillations électriques dans un même circuit, par E. MERCADIER (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences,* t. CXLVIII, 21 juin 1909, p. 1673). — Dans des essais du système télégraphique multiple Mercadier effectués l'an dernier entre Paris et Marseille et signalés dans ces colonnes ([1]), la ligne était constituée par deux fils distincts, isolés de la terre. On put transmettre simultanément plusieurs télégrammes formés par des signaux produits par des courants *alternatifs* de périodes différentes en employant des appareils imprimeurs tels que l'appareil Hughes; en même temps on put superposer à ces signaux d'autres signaux produits par des courants *continus* provenant, soit d'un appareil Hughes où les émissions durent environ $\frac{1}{28}$ de seconde, soit d'un appareil du système Baudot à quadruple clavier, où les émissions ne durent que $\frac{1}{70}$ de seconde.

Il était intéressant au point de vue scientifique, et très important au point de vue pratique, de voir si les mêmes résultats pourraient être obtenus par *un seul* conducteur télégraphique *relié à la terre,* comme d'habitude *à ses extrémités,* et cela malgré les courants telluriques naturels et les courants d'induction provenant des transmissions d'énergie électrique voisines des postes extrêmes.

De nouvelles expériences ont été faites dans ce but sur un fil de 3^{mm} de diamètre et de 500^{km} de longueur, entre les postes centraux télégraphiques de Paris et de Lyon, avec trois appareils Hughes à courants alternatifs d'une part, et, d'autre part, avec un appareil Hughes ou un appareil Baudot à quadruple clavier fonctionnant en courant continu. M. Magunna, qui dirigeait ces essais, étant parvenu à annuler les effets des courants provenant de la terre à Lyon, où ils sont particulièrement intenses, les expériences ont réussi comme dans le cas où l'on emploie un circuit de deux fils.

([1]) *La Revue électrique*, t. X, 15 septembre 1908, p. 197. Le système Mercadier, qui repose sur l'emploi du monotéléphone pour la sélection des courants, a été décrit en détails, dans le même numéro, dans un article de M. Turpain, p. 195-197.

RADIOTÉLÉCOMMUNICATION.

Détecteur d'ondes à pyrite de fer, par G.-E. PETIT (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences,* t. CXLVIII, 14 juin 1909, p. 1593). — Ce détecteur, dû à M. Menier, comporte une pointe conductrice très fine reposant avec une pression déterminée sur une pyrite de fer naturelle. Il fonctionne sans pile, comme le « périkon » et les détecteurs similaires, mais il présente l'avantage sur ces derniers et sur les détecteurs électrolytiques de ne pas se détériorer sous l'action de fortes émissions ou de violents courants parasites.

Le service radiotélégraphique des Postes et Télégraphes l'a mis en service depuis février 1909 dans ses stations des Saintes-Maries-de-la-Mer et d'Alger : il a été constaté que sa sensibilité est constante et du même ordre que celle des meilleurs détecteurs connus.

La pyrite peut être déplacée dans deux sens rectangulaires au moyen de deux vis micrométriques, afin d'assurer le contact sur les points de sensibité maxima ; la pointe est à l'extrémité d'un fléau qui porte un poids mobile et des contrepoids pour régler la pression au contact.

Remarque au sujet de la Note précédente, par E. TISSOT (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences,* t. CXLVIII, 28 juin 1909, p. 1752). — M. Tissot écrit à ce sujet :

« Le détecteur de M. Petit rentre, sans doute possible, dans la catégorie très générale des détecteurs thermo-électriques que j'ai signalés dans une Note du 6 juillet 1908. En indiquant que la sensibilité de ces détecteurs se trouve intimement liée au rang qu'occupent dans la chaîne thermo-électrique les substances employées, j'ai cité, entre autres corps propres à être utilisés, les différentes variétés de *pyrite de cuivre* en contact avec un métal quelconque ([1]).

» Ces pyrites de cuivre, qui sont des associations, en proportions assez variables suivant la provenance, de *sulfure de fer* et de *sulfure de cuivre,* donnent des détecteurs plus sensibles que la *pyrite de fer* proprement dite, que j'avais essayée à l'époque.

» Sans sortir des minéraux sulfurés, je rappellerai que la chalcosine (sulfure de cuivre naturel), qui occupe dans la chaîne thermo-électrique une extrémité opposée aux pyrites, paraît donner des résultats encore plus constants, tout en conservant la même inaltérabilité sous l'action des fortes oscillations.

» J'ai eu l'occasion de signaler que ces détecteurs thermo-électriques, dont je fais usage depuis plus d'un an, permettent de recevoir à Brest les signaux échangés entre le poste des Saintes-Maries et le poste d'Alger. C'est d'ailleurs un détecteur à base de pyrite que portait l'appareil récepteur que nous avons présenté avec M. Pellin dans la séance du 2 novembre 1908. »

([1]) Une analyse d'un travail de M. Tissot sur ces détecteurs a été publiée dans *La Revue électrique*, t. XI, 30 juin 1909, p. 455.

Dispositif de téléphonie sans fil, par COLIN et JEANCE (*Comptes rendus*, t. CXLVIII, 10 mai 1909, p. 1262). — Les auteurs commencent par indiquer les propriétés caractéristiques de leur dispositif de la manière suivante :

« Les appareils émetteurs ont été étudiés pour permettre de rayonner une oscillation entretenue simple, d'énergie constante, lorsque le dispositif microphonique n'est pas en fonction. Quand celui-ci est soumis à l'action des ondes sonores produites soit par la parole, soit par une autre cause, l'énergie de l'oscillation rayonnée varie.

» Un récepteur de télégraphie sans fil ordinaire utilisant soit un détecteur électrolytique, soit un détecteur basé sur l'effet Edison, soit un détecteur à contact de cristaux, soit un détecteur magnétique, etc., impressionné par l'onde rayonnée, donne, dans les écouteurs téléphoniques, la reproduction des paroles transmises. »

Le point délicat et cependant essentiel est la production d'une oscillation entretenue, simple, d'énergie constante en l'absence d'ondes sonores influençantes. Pour cette production, MM. Colin et Jeance emploient le moyen indiqué en 1892 par Elihu Thomson, repris en 1900 par Duddell, puis en 1903 par Poulsen, c'est-à-dire l'arc électrique. La disposition des divers organes de l'émetteur d'ondes est décrite comme il suit :

« Plusieurs arcs en série sont alimentés sous une tension de 600 volts, qui peut être variée au gré de l'opérateur, et jaillissent soit à l'air libre, soit dans une atmosphère de gaz d'éclairage, de carbure d'hydrogène, d'acétylène, ou encore dans du pétrole, de l'alcool, des huiles lourdes, etc.

» Un rhéostat et des self-inductions intercalés sur le circuit d'alimentation des arcs permettent : le premier, de régler le débit et d'assurer dans une certaine mesure la stabilité; les deuxièmes de s'opposer au passage des oscillations.

» Un premier circuit oscillant comprend les arcs en série, une capacité réglable, une self-induction réglable formant primaire d'un transformateur Tesla et un interrupteur. Un voltmètre est monté en dérivation aux bases des arcs. »

Si l'on étudie les phénomènes qui se passent dans ce premier circuit, à l'aide d'un ondemètre, par exemple, on constate qu'il est le siège d'un grand nombre d'oscillations entretenues qui ne suivent pas la loi harmonique et que chaque variation, même très légère, de la longueur des arcs entraîne une variation correspondante de la longueur et de l'intensité des oscillations créées.

Il résulte de ceci qu'une antenne attaquée par l'intermédiaire d'une self-induction formant secondaire du Tesla vibrera sous l'action de plusieurs oscillations et ne rayonnera pas, par conséquent, une oscillation simple et d'énergie constante.

Une première condition à remplir est donc d'obtenir des arcs d'une fixité aussi grande que possible. Pour cela les auteurs emploient : 1° plusieurs arcs en série; 2° des électrodes positives constituées par de larges cylindres de cuivre à calotte plate, refroidies par une circulation intérieure d'un liquide isolant réfrigérant; 3° des électrodes négatives constituées par un très mince crayon de charbon porté par un support à très grande surface servant de radiateur.

Dans ces conditions, les circuits étant convenablement réglés, l'arc se fixe, les électrodes positives ne sont point attaquées, et, si l'arc jaillit dans un milieu carburé, les électrodes négatives augmentent lentement et régulièrement de longueur par suite du dépôt de charbon qui se forme à leur extrémité active, par décomposition du carbure d'hydrogène sous l'action des arcs. Si ces arcs jaillissent à l'air libre ou dans un milieu contenant de l'oxygène, on doit augmenter considérablement leur nombre en série et constituer la partie active de l'électrode négative par une large surface de charbon parfaitement dressée.

Mais il ne suffit pas d'avoir des arcs bien fixes : il faut encore faire en sorte que l'oscillation rayonnée par l'antenne soit simple. Pour réaliser cette condition, MM. Colin et Jeance emploient un second circuit oscillant à caractéristiques électriques invariables et comprenant : une self-induction réglable formant secondaire du transformateur Tesla, un ou plusieurs condensateurs réglables, et une self-induction formant primaire d'un deuxième Tesla. Ce circuit intermédiaire est accordé sur l'une des oscillations créées dans le circuit des arcs. Il agit sur l'antenne par le secondaire du deuxième Tesla, secondaire constitué par une self-induction réglable reliée d'une part à la terre et d'autre part à l'antenne par l'intermédiaire d'une nouvelle self-induction d'antenne.

Dans ces conditions, l'oscillation rayonnée est simple et d'une constance absolue comme longueur d'onde et énergie; on le vérifie à l'aide d'un ondemètre.

Quant à l'ensemble microphonique, il est placé dans un circuit contenant une résistance réglable et relié par une de ses extrémités à la terre et par l'autre à un point convenablement choisi du secondaire du deuxième Tesla. On agit ainsi sur l'accouplement magnétique de ce transformateur et l'on obtient, pour des variations du très faible courant qui traverse l'ensemble microphonique, des variations convenables de l'intensité du courant relativement intense qui circule dans l'antenne.

Pour supprimer les troubles dus à la variation de résistance de l'ensemble microphonique au repos, diminuer les étincelles et augmenter la sensibilité ainsi que la pureté de la transmission, les auteurs emploient un très grand nombre de microphones montés en série. Ces microphones, spécialement étudiés, ne contiennent aucune matière combustible; la grenaille de charbon est logée dans des cavités circulaires creusées dans des plaques de marbre ou d'ardoise. La plaque vibrante est maintenue à l'écartement convenable de la grenaille par une rondelle métallique.

MESURES ET ESSAIS.

LABORATOIRES.

Le laboratoire d'étalons électriques du « Board of Trade ». — Le laboratoire national du *Board of Trade* (¹) n'est pas un simple conservatoire d'étalons. Il a été institué avant tout *pour satisfaire aux besoins de l'industrie électrique* et faciliter son développement rationnel d'une manière scientifique. Ses attributions sont nettement définies ; elles se limitent aux déterminations pratiques des seules quantités électriques qu'il est possible d'évaluer en fonction des trois unités légales, en Angleterre, de résistance, de courant et de force électromotrice. On ne trouve par suite au *Board of Trade* ni condensateurs pour la mesure des capacités, ni étalons de self-induction, ni appareils pour les essais magnétiques (magnétomètres, perméamètres, hystérésimètres, etc.).

Il s'agit uniquement d'un laboratoire créé pour la conservation des trois étalons primaires sanctionnés par la loi en 1894 et pour leurs applications à l'étalonnage des instruments de mesures de fabrication industrielle. Toute détermination nouvelle de la valeur des étalons en fonction des unités théoriques reste en dehors de la compétence du *Board of Trade*. C'est au *National Physical Laboratory*, institué à Teddington (Middlesex) que les travaux de ce genre, purement scientifiques, sont poursuivis sous la direction du Dr Glazebrook.

Les agents du *Board of Trade Electrical Standards Laboratory* ont deux sortes d'occupations bien distinctes : ou bien ils sont chargés de *vérifier* les appareils, c'est-à-dire de les comparer aux étalons ou sous-étalons ou aux *modèles approuvés* qui sont des appareils soigneusement étalonnés ; ou bien ils doivent *approuver* les compteurs ou autres

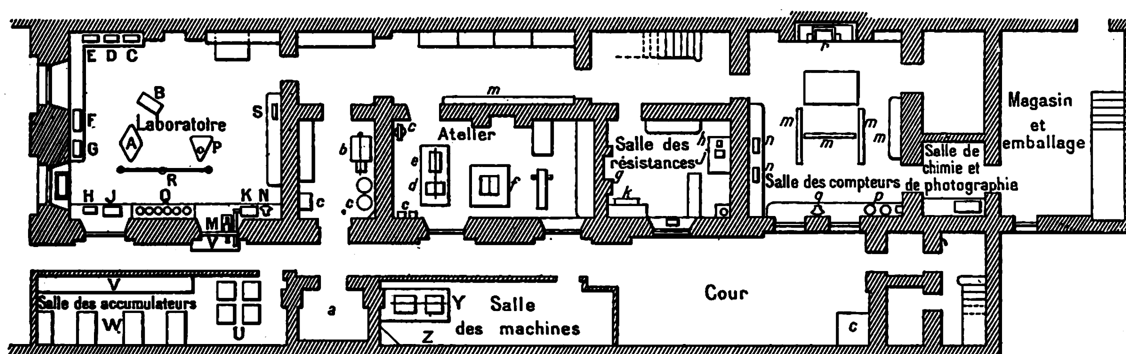


Fig. 1. — Plan du Laboratoire du Board of Trade.

A, ampère-standard; B, balance secondaire Kelvin de 1 ampère; C, balance Kelvin n° 306; D, balance Kelvin n° 337; E, balance déca-ampère; F, balance Kelvin n° 384; G, Wattmètre n° 363; H, J, balances Kelvin nos 205 et 366; K, balance compound; M, grands shunts en manganin; N, indicateur Elliott; P, volt-standard; Q, jeu de 6 voltmètres multicellulaires; R, échelle et viseurs; S, potentiomètre; T, mètres-étalons; U, batterie pour 10000 ampères; V, rhéostats à mercure; W, batterie de 100 éléments; Y, moteur-générateur; Z, survolteur; *a*, compteurs et fusibles; *b*, convertisseur rotatif; *c*, transformateur; *d*, alternateur Mordey; *e*, moteur Brush; *f*, dynamo à courant continu; *g*, étuve à gaz à réglage automatique; *h*, pont Carey-Foster; *j*, réservoir à huile; *k*, pont de Wheatstone; *m*, compteurs en essais; *n*, balances de Kelvin; *p*, wattmètre Kelvin; *q*, indicateur Elliott; *r*, four.

appareils, ce qui nécessite un examen plus approfondi au point de vue de leur construction mécanique et de leurs propriétés électriques ; si cet examen donne des résultats satisfaisants et conformes aux règlements légaux, les appareils sont conservés généralement comme *modèles approuvés* après avoir reçu l'estampille particulière du *Board of Trade*. Les deux catégories d'épreuves donnent lieu à des délivrances de certificats qui, en attribuant aux instruments une sanction légale, consacrent leur valeur scientifique et marchande, et assurent leur crédit d'une manière indiscutable pour les mesures de précision comme pour les transactions commerciales.

Il est bien clair d'ailleurs que, si les travaux de *vérification* exigent des soins attentifs et un personnel intelligent, ils sont loin d'avoir le caractère

(¹) Le *Board of Trade* est le Ministère du Commerce de la Grande-Bretagne.

éminemment scientifique des travaux d'*approbation*. Ces derniers exigent de la part des chefs de travaux qu'ils se tiennent au courant des méthodes les plus nouvelles et des perfectionnements les plus récents dans les modes de construction des appareils de mesures.

Emplacement du laboratoire. — Le laboratoire du *Board of Trade* est situé dans Londres même (1), et il passe un tramway électrique devant le bâtiment où il est installé. Cet emplacement est très bien choisi au point de vue des facilités qu'il procure au public, mais il semble *a priori* défectueux pour des mesures de haute précision où il importe de se soustraire aux trépidations du sol résultant d'une circulation intense et d'éviter l'influence néfaste du voisinage de masses magnétiques en mouvement. C'est à cause de ces raisons qu'on établit les laboratoires de recherches physiques autant que possible en dehors des agglomérations : en France, le Pavillon de Breteuil (offert par la République aux États signataires de la Convention du Mètre pour la conservation des étalons métriques internationaux et le développement des études métrologiques les plus délicates) est situé dans le parc de Saint-Cloud; le Laboratoire central d'Électricité, bâti sur un terrain concédé par la Ville de Paris, est installé dans une des rues les plus désertes de Paris (2). A l'étranger, les laboratoires nationaux de Teddington (*National Physical Laboratory*), de Charlottenburg (*Physikalisch-technische Reichsanstalt*), de Groningue (*Natuurkundig Laboratorium der Rijks Universiteit*), etc., sont isolés dans des endroits paisibles, à l'abri des courants vagabonds. On se rappelle, dans le même ordre d'idées, que, lorsqu'il s'est agi en 1882 de la réalisation de l'ohm, le gouvernement des États-Unis ne s'est pas contenté de mettre une somme importante (3) à la disposition du professeur Rowland pour ses mesures; il lui a prêté un vaste terrain inculte éloigné de tout chemin fréquenté et à plus de 3km de la ville universitaire de Baltimore pour qu'on y construisît au centre la *maison de l'ohm*.

Les trépidations que le laboratoire du *Board of Trade* pourrait éprouver du fait de son emplacement dans une voie passante sont pratiquement annulées par les précautions prises dans l'établissement des fondations; de gros piliers en pierre supportent les étalons et leur donnent une stabilité parfaite. A Paris, à l'École supérieure des Télégraphes, on avait opéré d'une manière analogue : le laboratoire est placé au fond d'une cour reculée, le plancher est séparé du sol par une couche de bitume; quatre blocs de pierre enfouis de $0^m,30$ dans le sol supportent une table en pierre de $1^m,50 \times 0^m,50$, munie d'un encadrement en bois; les instruments sont placés sur la table dont la stabilité est telle qu'on peut la piétiner sans que les instruments vacillent.

Quant aux perturbations que causent la dynamo et le survolteur employé pour la charge des batteries d'accumulateurs, elles empêchent seulement de procéder à des mesures de précision les jours où ces machines fonctionnent; comme on recharge les accumulateurs le vendredi de chaque semaine, on réserve de préférence ce jour-là aux visiteurs du laboratoire.

Avant d'entrer dans la description des appareils, nous croyons utile de rappeler les définitions des unités et étalons électriques sanctionnés par la législation britannique.

Unités et Standards. — L'ohm, l'ampère et le volt sont les trois unités légales, définies par l'Order in Council (1) du 23 août 1894.

Le législateur anglais, pas plus d'ailleurs que les législateurs de la plupart des autres pays (2), ne s'est conformé aux définitions du Congrès international de Chicago (1893).

L'ohm, unité de résistance, est défini comme ayant la valeur 10^9 en fonction de l'unité électromagnétique C. G. S. de résistance et comme étant représenté par la résistance offerte à un courant électrique invariable par une colonne de mercure à la température de la glace fondante, ayant une masse de $14^g,4521$, une section constante et une longueur de $106^{cm},3$. Additionnellement, la loi fait une distinction entre l'unité théorique (unit) et l'unité matérialisée (standard): l'étalon légal de résistance est une bobine particulière en platine-argent conservée au *Board of Trade* et qui est construite de manière à représenter l'unité théorique dans les mêmes conditions que les étalons B. A. (*British Association*) ont été établis en fonction de l'unité mercurielle.

L'ampère, unité de courant, est défini par un procédé analogue : c'est à la fois le $\frac{1}{10}$ de l'unité de courant dans le système C. G. S. d'unités électro-

(1) 8, Richmond Terrace. L'*Engineering* fait observer qu'il serait beaucoup plus juste de désigner le bâtiment en question comme n° 56, Whitehall. La plaque officielle sur la porte d'entrée porte *The Board of Trade, Inspecting Officers of Railways, Electrical Department*, ce qui est une indication inexacte puisque la lumière électrique et la force sont rattachées au département des ports, la traction au département des voies ferrées, et qu'il n'existe pas en somme de département de l'électricité.

(2) 12-14, rue de Staël (XVe).

(3) 625000^{fr}.

(1) Ordre en conseil de la Reine.

(2) *Voir* notre Ouvrage *Unités électriques : Dispositions légales*, p. 132 et suiv., Paris, 1909.

magnétiques et le courant invariable qui dépose en une seconde 0g,001118 d'argent en traversant une solution aqueuse de nitrate d'argent. Additionnellement aussi, une distinction est faite entre l'unité et l'étalon, ce dernier étant défini au moyen d'une balance-étalon particulière, conservée au *Board of Trade*.

Quant au volt, il est défini comme 10^8 C. G. S. en fonction de l'ohm et de l'ampère, et par rapport au Clark. Une distinction est faite encore ici entre l'unité et l'étalon, ce dernier étant défini comme la $\frac{1}{100}$ partie de la pression électrique produisant un abaissement déterminé dans un voltmètre électrostatique multicellulaire Kelvin déposé au *Board of Trade*. Le principal argument qui milite en faveur de cette dernière définition réside dans la facilité avec laquelle toute différence de potentiel peut être mesurée à l'aide de l'élément étalon par la méthode potentiométrique.

Il est facile de voir que la législation anglaise repose sur un postulat : elle admet que le Standard représente exactement l'unité.

La discussion de cette question sortirait du cadre de cet article; nous prions le lecteur qu'elle intéresse de vouloir bien se reporter à l'étude sur les résolutions de la Conférence de Londres que nous publions dans la *Technique moderne* (1).

En résumé, tandis que l'ohm, l'ampère et le volt sont des unités théoriques, les standards sont une certaine résistance, un certain courant, une certaine tension, définis par :

Une bobine, marquée *Board of Trade Ohm Standard Verified*, 1894;

Une balance, marquée *Board of Trade Ampère Standard Verified*, 1894;

Un voltmètre, marqué *Board of Trade Volt Standard Verified*, 1894.

Ces trois étalons sont les étalons électriques les plus récents qui correspondent au Yard et à la Livre (pound) (2). L'*Imperial Standard Yard*, étalon de longueur, est en bronze, de section carrée d'un pouce (inch) au côté et de 38 pouces de longueur; la longueur doit être évaluée à la température de 62° Fahrenheit (16° $\frac{2}{3}$ C.); cet étalon a été déposé à l'Échiquier après avoir été sanctionné par un *Act* du 30 juin 1855 (3). La livre avoirdupois, seul étalon de masse légal dans le Royaume-Uni, est un étalon en platine construit en 1844 et légalisé en 1853.

Il est à souhaiter que, dans un avenir prochain, les relations internationales finissent par imposer dans les États anglo-saxons l'adoption légale des unités métriques, qui font de jour en jour plus de progrès dans le commerce et dans l'industrie, et qui sont adoptées presque exclusivement dans le monde scientifique; nous espérons voir à bref délai les efforts de la *Decimal Association* couronnés de succès et les vœux de l'Association britannique des Chambres de Commerce exaucés par le Parlement de la Grande-Bretagne.

Rappelons qu'en France les seuls étalons électriques légaux sont encore maintenant les quatre prototypes mercuriels de l'*ohm légal*, construits en 1884 avec une admirable habileté par M. J.-René Benoît sur la demande du Ministre des Postes et des Télégraphes, conformément aux vœux de la Conférence internationale tenue à Paris à la même époque. Ces étalons sont déposés actuellement à l'École des Télégraphes; les mesures faites en 1905 ont montré leur parfaite conservation, puisque la moyenne des prototypes n'a pas varié; mais leur caractère légal empêche qu'on s'en serve pour des mesures. En Angleterre, au contraire, les étalons légaux servent fréquemment à la vérification des étalons secondaires. On sait aussi que, dans notre pays, il n'y a pas d'étalon officiel correspondant à l'ampère ou au volt.

Les renseignements qui suivent ont déjà été publiés en grande partie dans l'*Engineering* (1); nous les devons à la courtoisie de M. A.-P. Trotter, conseiller électricien du *Board of Trade* et l'un des délégués du Royaume-Uni à la Conférence des Unités (Londres, octobre 1908), et à l'obligeance de M. W.-H. Maw, éditeur de l'*Engineering*. Nous ne suivrons pas cependant le mode de description adopté par la grande revue anglaise, car un certain nombre de points n'intéressent que les lecteurs britanniques, et, sur d'autres, nous avons cru nécessaire de donner des détails plus complets.

Le bâtiment du *Board of Trade Laboratory* est de plain-pied; il comprend trois salles principales :

1° Le laboratoire proprement dit;

2° La salle des résistances;

3° La salle des compteurs.

Des locaux accessoires : chambre des accumulateurs, salle des machines, atelier, salle de chimie et photographie, magasin et emballage.

I. Laboratoire proprement dit.

Le laboratoire renferme l'ampère-standard et le volt-standard (2) et, en outre, un certain nombre d'appareils

(1) *Vue d'ensemble sur les unités électriques*, 2e article.

(2) 1 yard = 0m,914404, 1 livre avoirdupois = 453g,592428.

(3) L'Act est repris Cap. LXII, *Anno decimo octavo et decimo nono Victoriæ Reginæ*. — *Voir* Ch.-Ed. Guillaume, *Unités et Étalons*, 1893, p. 71.

(1) *Engineering*, may 25th, 1906.

(2) C'est à dessein que nous ne disons pas l'ampère-étalon, pour ne pas faire de confusion avec l'appareil bien connu de M. Pellat; quant aux étalons ordinaires du volt, le Clark ou

destinés à la mesure des intensités et des forces électromotrices.

1° Ampère-standard. — L'ampère-standard est un électrodynamomètre.

On voit de suite quel avantage il y a à choisir un tel appareil comme étalon d'intensité de courant, une fois que sa constante a été déterminée d'une manière quelconque; l'électrodynamomètre est, en effet, un étalon



Fig. 2. — Vue de la salle principale du Laboratoire.

d'intensité efficace (1); il permet aussi bien des mesures de courant alternatif que de courant continu.

L'ampère-standard se compose de deux bobines fixes, contenues dans les gorges pratiquées près des extrémités d'un cylindre vertical de marbre, et d'une troisième bobine mobile, suspendue au plateau d'une balance, à l'intérieur du même cylindre; le champ ainsi produit est très uniforme et un petit déplacement n'a pas d'importance. Chacune des bobines fixes porte 16 couches de 16 spires chacune de fil de cuivre isolé n° 18 ($d = \frac{12}{10}$ de millimètre); la bobine mobile a 18 couches de 18 spires.

On n'a malheureusement pas fait de mesures précises de ces bobines lors de leur construction en 1892, de sorte qu'il n'est pas possible de calculer en valeur absolue (c'est-à-dire en fonction des unités géométriques et mécaniques seules) la constante de l'instrument, ou la force due au passage d'un courant égal à l'unité. Il semble que l'on aurait tout avantage à chercher actuellement une détermination expérimentale de cette constante en construisant au *Board of Trade* un étalon de potentiel réciproque du type imaginé par M. Guillet pour l'application de la méthode de M. le professeur Lippmann (1). On sait qu'avec cet appareil un observateur d'habileté moyenne est capable de déterminer expérimentalement, avec l'approximation du $\frac{10}{1000}$, la constante d'un électrodynamomètre absolu, alors que jusqu'à présent on était toujours obligé pour cela de procéder à des calculs longs et difficiles.

Pour faire une mesure, il est essentiel :

1° Que les axes des bobines fixes et l'axe de la bobine mobile coïncident;

le Weston, ils diffèrent complètement du volt-standard qui n'est pas un élément de pile.

(1) $I_{eff.} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T i^2 dt}$.

(1) A. Guillet, *Détermination de la constante d'un électrodynamomètre absolu par un phénomène d'induction.* Voir *Bulletin de la Société internationale des Électriciens,* 2e série, t. VIII, n° 78, octobre 1908, p. 535. — *La Revue électrique,* t. V, p. 188.

2° Que le plan médian de la bobine mobile occupe une position bien déterminée par rapport aux plans médians des deux bobines fixes.

Pour que l'on puisse atteindre ce résultat, la bobine suspendue et le cylindre sont capables, l'un par rapport à l'autre, de mouvements relatifs, la première au moyen de coulisses en ivoire faisant partie de la suspension, le second à l'aide de vis placées sur les trois supports du cylindre. La position à laquelle on doit s'arrêter est déterminée par la coïncidence de repères tracés sur trois miroirs fixés sur la bobine mobile avec des repères tracés sur trois vitres obturant des regards percés dans les parois du cylindre à 120° l'un de l'autre.

Le courant est amené à la bobine suspendue par un faisceau de fils d'argent fins et recuits. La sensibilité de la bobine se trouve, de ce chef, considérablement réduite, mais on peut encore lire sans peine une différence de poids de 2^{mg}, laquelle correspond à $\frac{1}{10}$ d'une division de l'échelle.

La bobine suspendue pèse 2^{kg} ; elle est équilibrée par un contrepoids.

Un courant d'environ 0,75 ampère passe continuellement, jour et nuit, à travers les bobines, de façon à les soustraire à l'action de l'humidité. Cette précaution n'est cependant pas suffisante pour les conserver entièrement sèches ; on constate que le zéro change chaque jour selon le degré hygrométrique de l'air ; il est facile d'ailleurs de corriger très exactement cette cause d'erreur en plaçant de petits cavaliers sur le fléau.

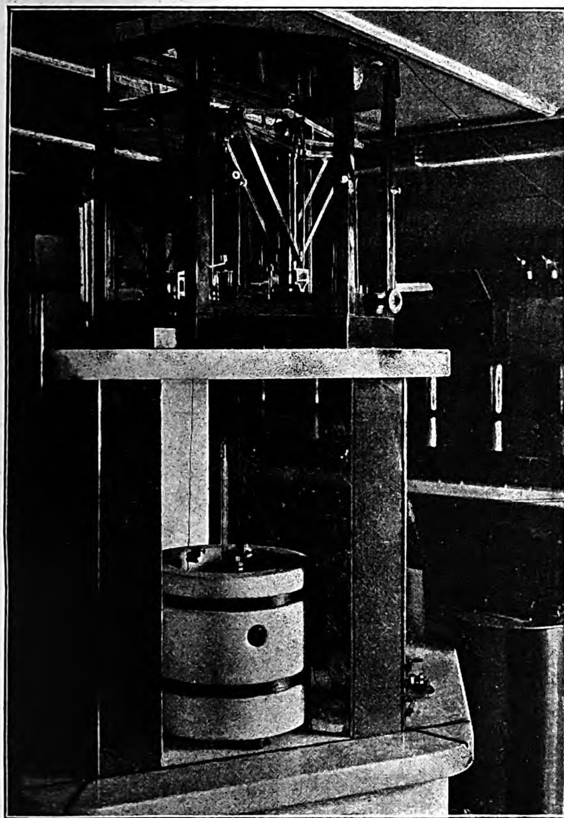


Fig. 3.— Ampère-standard.

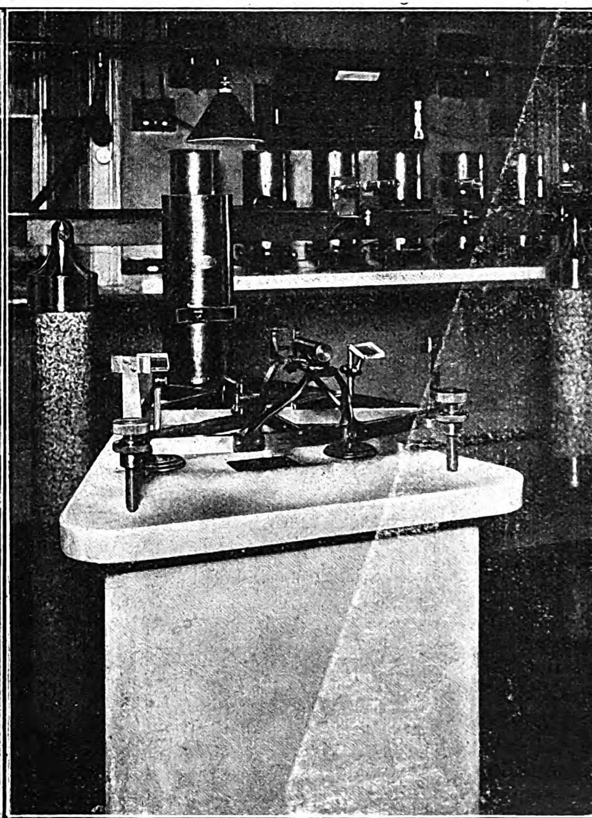


Fig. 4. — Volt-standard.

A l'époque où l'ampère-standard a été construit, on a inséré les bobines dans le circuit d'un voltamètre à argent, l'ampère devant être défini légalement en Angleterre par l'action électrolytique du courant ; on a fait passer dans les bobines un courant d'environ 1 ampère, et par des tâtonnements et des calculs on a trouvé quel poids fait équilibre exactement à la force électromagnétique. On place à l'aide d'un système de leviers un poids de $33^{g},55$ (en platine iridié) dans le plateau de la balance sous lequel la bobine mobile est suspendue, et l'on place un poids moitié moindre (en laiton) dans le plateau placé sur le contrepoids. Si les deux poids sont déposés dans leurs plateaux respectifs, la bobine suspendue est soulevée par l'action électromagnétique qui s'exerce réciproquement entre le champ et la bobine ; lorsque le poids de cuivre est placé seul, la bobine mobile se trouve abaissée.

Une division de l'échelle graduée correspond à 0,00065 ampère. Comme il est assez facile de lire le dixième d'une division, on apprécie $\frac{65}{1000000}$ d'ampère.

On sait que, si l'on définit l'unité pratique d'intensité

de courant par le moyen du voltamètre à argent, l'ampère est le courant invariable qui dépose $0^g,001118$ d'argent par seconde dans des conditions déterminées. La sensibilité que permet d'atteindre l'ampère-standard est évidemment bien supérieure ; elle correspond à deux chiffres significatifs supplémentaires pour la valeur de l'équivalent électrochimique de l'argent, puisque $\frac{1}{10}$ d'une division de l'échelle correspond à un dépôt de $0^g,00000007$ d'argent par seconde. Il y a là une raison qui pouvait militer, tout au moins pour les délégués de la Grande-Bretagne à la récente Conférence des Unités et Étalons (tenue à Londres en octobre 1908), en faveur de l'addition de deux chiffres décimaux au nombre 0,001118 admis pour valeur de l'équivalent électrochimique de l'argent en grammes par coulomb.

Balance Kelvin de 1 ampère. — Une balance *lord Kelvin* de 1 ampère est installée sur un pilier voisin de l'ampère-standard ; cette balance est connectée en série avec l'étalon. La construction primitive de la balance a été légèrement modifiée ; on se contente d'un simple poids à droite pour réaliser l'équilibre ; le fléau peut être abaissé par la manœuvre d'un levier placé à gauche sans qu'il soit nécessaire d'ouvrir la cage.

On contrôle le courant au moyen de deux rhéostats en série ; l'un d'eux donne une première approximation ; le second, qui consiste en un groupe de 146 plaques de charbon, permet d'équilibrer facilement la balance à environ $\frac{1}{4}$ de division près, ce qui correspond à $\frac{30}{1000000}$ d'ampère. Quand il s'agit de mesures très précises, on ajuste les rhéostats de telle manière que la chute de potentiel provoquée par le second rhéostat atteigne presque 0,5 volt.

Si l'on connecte la balance secondaire de 1 ampère en parallèle avec l'ampère-standard, on a le moyen de mesurer avec exactitude un courant de 2 ampères.

Balances Kelvin de 1 ampère à 2500 ampères. — La balance de 1 ampère forme le premier élément d'une série de cinq balances

La première (n° 306) permet de mesurer des courants de 1, 2, 3, 4 et 5 ampères à l'aide de poids soigneusement étalonnés; la deuxième (n° 337) sert à la mesure de courants de 5, 10, 15, 25 et 30 ampères ; la troisième (n° 384) a ses poids construits pour des mesures de 30, 40, etc., jusqu'à 120 ampères ; la quatrième (n° 366) sert pour 100, 200, etc., jusqu'à 600 ampères ; la dernière (n° 205), anneau final de la chaîne, est destinée à des courants de 500 à 2500 ampères.

On voit qu'il y a chevauchement des valeurs que ces balances permettent de mesurer successivement ; on réalise donc une chaîne ininterrompue pour les mesures en partant de l'ampère. Mais une telle méthode risquerait d'accumuler les erreurs dans les étalonnages et l'on a dû contrôler les résultats par deux épreuves croisées : d'une part, on a fait passer 500 ampères à travers 0,001 ohm; d'autre part, 1 ampère à travers deux bobines de 1 ohm montées en parallèle; la comparaison des différences de potentiel dans les deux cas a montré une concordance presque parfaite.

La série des balances en question peut servir aussi bien pour le courant alternatif que pour le courant continu jusqu'à environ 1000 ampères ; mais, pour des courants alternatifs de 100 à 600 ampères, l'emploi de la balance n° 366 exige une correction qui dépend de la fréquence, car ses bobines sont en cuivre massif. Pour éviter cette correction, on peut se servir de la balance n° 205, dont les fils sont toronés; les résultats obtenus en alternatif sont aussi bons qu'en continu pourvu que l'intensité ne dépasse pas 600 ampères; la balance n° 205 est munie d'un équipage mobile et d'une échelle divisée.

Pour des courants de 200 à 2500 ampères, on peut employer la balance compound n° 172. Le circuit fixe, formé d'un conducteur en cuivre massif, est relié en permanence aux câbles d'amenée des gros courants; les bobines mobiles sont établies de façon à pouvoir supporter un courant de 10 ampères, mais on ne les utilise généralement que pour 1 ampère, car on les insère presque constamment dans le circuit de l'ampère-standard et des électrodynamomètres-balances qui servent d'étalons pour les sous-multiples de l'ampère.

Wattmètre. — Un wattmètre (n° 363) a ses bobines à gros fil établies pour supporter un courant d'environ 300 ampères; le circuit à fil fin, d'une résistance de 100 ohms, est disposé de façon qu'il n'y passe que 0,1 ampère. On peut mesurer avec cette balance toute puissance ne dépassant pas 1000 kilowatts, en faisant usage de résistances (immergées dans l'eau) allant jusqu'à 30000 ohms.

Câbles. — Le laboratoire est ceinturé de câbles concentriques, du même genre que ceux dont M. Ferranti s'est servi pour le transport de force de Deptford à Londres. Ces câbles peuvent supporter 10000 ampères; leur forme particulière évite toute dispersion magnétique quand on se sert de courants intenses. Les gros câbles ont une section de $25^{cm^2},8$; ils fournissent le courant d'une batterie d'accumulateurs placés dans une salle voisine du laboratoire; cette batterie a été construite pour donner normalement 6000 ampères pendant 30 minutes, mais elle peut débiter 10000 ampères pendant quelques minutes.

Shunts. — Pour les mesures d'intensités de courants, on se sert fréquemment de la méthode indirecte de la chute de tension produite aux bornes d'une résistance parcourue par un courant. Pour appliquer cette méthode, il faut disposer de *shunts* ou résistances étalonnées.

Le shunt absorbe la majeure partie du courant à évaluer ; il permet donc de mesurer des courants très intenses avec un galvanomètre construit pour des courants faibles. La grande résistivité du manganin ne permet pas de se servir de galvanomètres très sensibles, mais on adopte des shunts en manganin pour éviter des corrections de température ; ce qu'il faut, c'est que le rapport de la résistance du shunt à la résistance du galvanomètre soit constant ; il importe aussi que le courant n'échauffe pas sensiblement le shunt et le galvanomètre, car on risquerait d'obtenir des échauffements inégaux. Les shunts du laboratoire sont en manganin; les deux plus gros servent à étalonner des courants de 1000 et 3000 ampères; pour des courants encore plus intenses, on double les prises sur les barres d'amenée. Les gros shunts font partie d'une collection

de sept shunts en manganin capables de donner tous à leurs bornes une même chute de tension de 0,1 volt pour des courants respectifs de 1-3-10-30-300-1000-3000 ampères. Un indicateur de courant d'Elliott frères est relié à ces shunts; l'échelle de l'indicateur porte 100 divisions, mais il est facile d'apprécier le $\frac{1}{10}$ d'une division. Le facteur 3 assure la continuité des mesures depuis 0,3 ampère jusqu'à 3000 ampères. Dans chaque intervalle, la déviation minima sur l'échelle n'est jamais inférieure à 30 divisions, ce qui donne une erreur relative très faible : $\frac{1}{300}$ dans le cas le plus défavorable, si on lit au $\frac{1}{10}$. Pour s'assurer du bon état des shunts, on les vérifie tous les quinze jours à l'aide des balances.

Pour des courants d'une intensité inférieure à 1 ampère, cas beaucoup plus rare dans la pratique, le laboratoire dispose de balances spéciales et de potentiomètres.

Essais des électrodynamomètres-balances. — Les appareils de ce genre qui sont essayés au laboratoire aux fins d'étalonnage sont reliés au conducteur extérieur; on insère les câbles de jonction dans des logements pratiqués spécialement dans ce but dans le conducteur en question; normalement, les trous sont bouchés au moyen de chevilles en cuivre.

2° VOLT-STANDARD. — Le volt-standard n'est pas un étalon de 1 volt; c'est un voltmètre électrostatique, à lecture directe, de 100 volts, du type multicellulaire de lord Kelvin. Les appareils de ce genre sont excellents pour les tableaux de distribution; on en construit cinq modèles pour toutes les tensions comprises entre 40 et 1600 volts.

Le volt-standard est formé d'une série de douze quadrants fixes superposés, qui agissent sur un même nombre de palettes; ces dernières s'engagent dans les intervalles qui séparent les quadrants fixes; elles sont supportées par une tige mobile suspendue à un fil fin rond en platine iridié. La cage qui protège l'appareil est métallique et forme écran électrostatique. On observe les déviations d'un miroir plan à l'aide d'une lunette à réticules croisés, après avoir disposé son support de niveau au moyen de vis calantes. La méthode qu'on emploie est la méthode de réflexion; pour éviter l'erreur de proportionnalité que l'on commettrait en substituant la tangente à l'angle, on se sert d'une échelle courbée en arc de cercle, de façon que le miroir en occupe le centre. Si l désigne la distance de l'échelle au miroir, on a en toute rigueur

$$\alpha = \frac{1}{2}\frac{0}{l}.$$

Le zéro marqué A est à gauche de l'échelle; une tension de 100 volts amène l'index à droite en B en coïncidence avec les réticules de la lunette. Comme l'amortissement est lent, il faut attendre environ 3 minutes avant de pouvoir faire une lecture [1]. La correction nécessitée par la force électromotrice de contact est estimée à environ 0,15 volt; ceci montre la perfection obtenue dans la fabrication de l'instrument; on sait, en effet, que dans les appareils de construction industrielle, l'erreur est de 0,5 volt pour un équipage mobile en aluminium et des quadrants en cuivre. La correction doit être comptée en plus ou en moins, selon que les quadrants sont électrisés positivement ou négativement.

Pour étalonner le volt-standard, on a fait passer un courant de 1 ampère à travers une résistance non inductive de 100 ohms

Mesure de tensions de 1 à 12000 volts. — Un groupe de 6 voltmètres multicellulaires Kelvin permet de mesurer les tensions jusqu'à 3200 volts; ces appareils sont disposés sur un rang en face d'une longue échelle en argent munie de six viseurs. Les deux premiers sont identiques au volt-standard; ils servent habituellement pour des tensions entre 50 et 200 volts. On a commencé par les comparer individuellement avec le plus grand soin pour la tension de 100 volts au volt-standard, puis on les a mis en série avec celui-ci et aussi entre eux, de manière que l'ensemble fût disposé en série sur des résistances. En plaçant alors en parallèle avec ces trois appareils l'instrument suivant (n° 805) construit pour des tensions de 100 à 400 volts, on a pu déterminer très exactement la déviation qui correspond à 300 volts. Pour compléter la graduation, on s'est servi de deux batteries de 36 éléments Clark

$$(36 \times 2 \times 1,434 = 103,248 \text{ volts});$$

on a pu graduer ainsi de proche en proche toute la série des voltmètres.

Ces mesures, fort importantes pour la pratique industrielle, n'offraient pas de difficultés véritables, mais elles exigeaient beaucoup de soins et de temps; elles ont été faites par les élèves du Siemens Laboratory du King's College.

Un autre voltmètre électrostatique multicellulaire Kelvin permet de mesurer des tensions jusqu'à 12000 volts; on l'équilibre avec des poids comme les électrodynamomètres-balances.

Tous ces appareils sont d'un emploi courant et servent à la graduation des divers types de voltmètres.

Pour des tensions inférieures à 50 volts, on emploie des voltmètres électrostatiques plus petits ou, de préférence, des potentiomètres.

Potentiomètres. — Le potentiomètre le plus employé au *Board of Trade* est du type Crompton-Fisher à basse résistance; mais, s'il s'agit de mesurer des éléments de haute résistance, on se sert d'un potentiomètre du même genre à haute résistance.

On sait quels services les potentiomètres ou ponts de compensation rendent à la Science et à l'industrie. Ce sont des instruments excellents, d'un mouvement facile et de la plus haute précision (car les méthodes de zéro donnent une exactitude supérieure à celle des méthodes de déviation, puisqu'on n'a pas besoin d'atténuer la sensibilité du galvanomètre par des shunts, comme cela se produit généralement avec ces dernières; de plus, on peut employer un galvanomètre dont la loi n'est pas

(1) Dans les appareils industriels, l'amortissement est obtenu à l'aide d'un disque qui termine la tige mobile de support des palettes; ce disque baigne dans du pétrole. Un bouton placé en haut de la cage permet d'immobiliser l'armature mobile ou de la mettre en liberté.

connue); on s'en sert pour les mesures de tensions ou d'intensités de courants; dans ce dernier cas, on emploie la méthode bien connue du shunt étalonné. Même l'emploi des potentiomètres est avantageux pour la mesure des résistances; ils donnent autant de facilité et d'exactitude que le pont de Wheatstone simple ou double. Aussi le *Board of Trade* possède-t-il toute une collection de ces instruments.

Le potentiomètre Crompton-Fisher est une modification du potentiomètre Clark : la comparaison de deux forces électromotrices est ramenée à la comparaison de deux longueurs :

$$e = ir,$$
$$e' = ir',$$

d'où

$$\frac{e}{e'} = \frac{r}{r'}.$$

La précision des mesures dépend du degré d'exactitude avec lequel on peut mesurer r et r'; ce degré dépend de la sensibilité du galvanomètre et de la plus petite fraction appréciable de la résistance connue.

Cette résistance est formée par un fil de $0^{mm},4$ de diamètre, calibré 0-100, de 63^{cm} de longueur, tendu au-dessus d'une règle divisée en 1000 parties, le long de laquelle se déplace un curseur muni d'une clef de contact. Comme la résistance du fil calibré n'est que

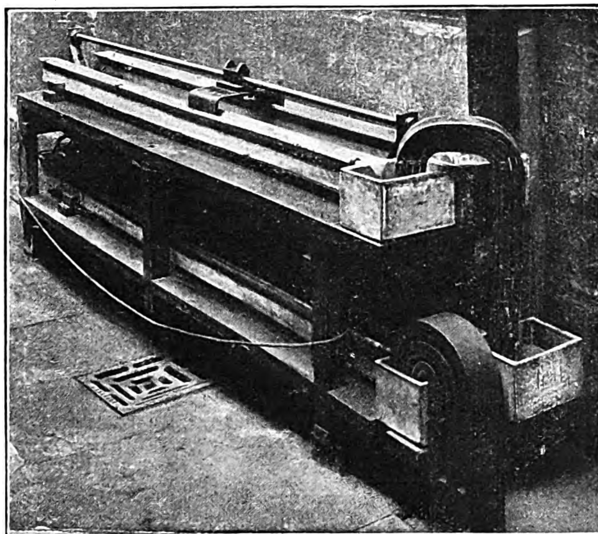


Fig. 5. — Rhéostat à mercure.

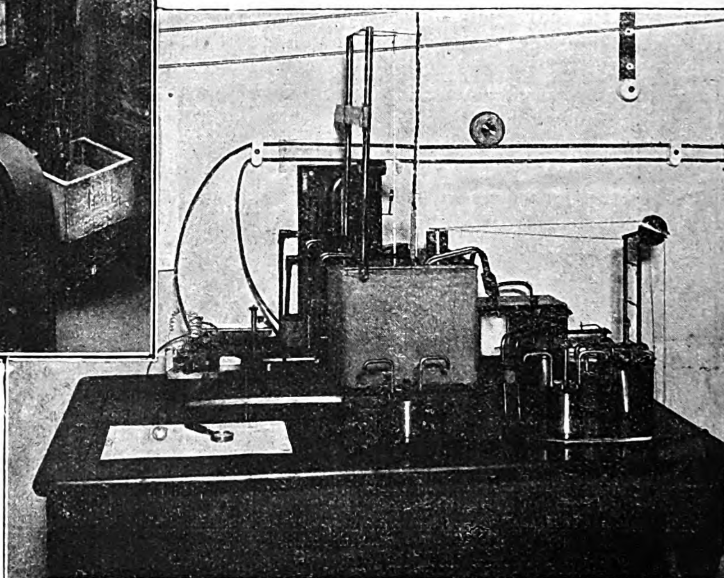


Fig. 6. — Table d'essais de la salle des résistances.

de 2 ohms (son coefficient de température est négligeable), M. Crompton a disposé en série avec le fil 14 bobines de même résistance, intercalées entre les plots d'un commutateur à manette. La résistance fixe du potentiomètre est donc de $2 + 14 \times 2 = 30$ ohms; le fil divisé ne sert que pour achever le réglage réalisé approximativement avec les bobines.

La résistance variable est constituée par un rhéostat continu.

Le circuit de compensation comprend le galvanomètre et la pile étalon que l'on branche entre les extrémités du circuit potentiométrique.

Pour le tarage, on règle le rhéostat de façon que la différence de potentiel totale aux extrémités des 14 bobines et du fil divisé soit de 1,5 volt. Alors, la différence de potentiel aux extrémités du fil divisé est de 0,1 volt, et chacune des divisions correspond à 0,0001 volt.

On se sert au *Board of Trade* d'un étalon Clark moderne, dont la force électromotrice à 15°C. est de 1,434 volt. Le galvanomètre doit rester au zéro quand la manette du commutateur est sur la touche 14 et quand le curseur est sur la division 340 de la règle.

Depuis quelques années cependant, on a tendance à se servir de plus en plus du Weston normal à la place du Clark, en raison du coefficient de température très faible du Weston. Comme la force électromotrice de cet étalon est à 20°, d'après la Conférence de Londres (octobre 1908) de 1,0184 volt, le galvanomètre doit rester au zéro quand la manette des bobines est sur le plot 10 et quand le curseur se trouve sur la division 184.

Pour mesurer une tension inférieure à 1,5 volt, on substitue celle-ci à l'étalon au moyen d'un commutateur multiple et l'on ramène le galvanomètre à zéro en agissant sur les manettes des bobines et sur le curseur.

Pour une tension supérieure à 1,5 volt on emploie une boîte de résistances auxiliaires formant réducteur de tension. Cette boîte porte cinq bornes; on relie les deux antérieures au potentiomètre. Selon que la tension inconnue est inférieure ou supérieure à 150 volts, on l'insère entre la borne du milieu et celle de gauche, ou entre la borne du milieu et celle de droite.

On conserve dans la *salle des résistances* trois élé-

ments étalons : deux Clark et un Weston; on les insère dans le circuit de compensation sans les déplacer, en les reliant à des conducteurs à très fort isolement qui relient la salle des résistances au laboratoire.

Le galvanomètre employé avec le potentiomètre Crompton-Fisher est du type Crompton à suspension bifilaire. Cet appareil à miroir est d'une telle sensibilité, qu'on peut s'en servir comme balistique ; il se compose de quatre aimants fixes en forme d'anneau, posés à plat et superposés. La colonne centrale supporte la bobine mobile qui est disposée également en anneau et dont les extrémités sont soudées aux crochets de suspension ; le bifilaire amène le courant à l'équipage mobile ; on peut modifier légèrement sa longueur à l'aide d'un chevalet qui coulisse sur la colonne, de même que l'on peut faire varier l'écartement des fils en agissant sur le treuil auquel les fils du bifilaire sont attachés. Pour les mesures, il importe que l'appareil soit rigoureusement vertical.

On place le galvanomètre, l'échelle et la lampe sur une tablette au-dessus du potentiomètre. Les miroirs donnent un faisceau lumineux indicateur de 2^m de longueur et laissent le galvanomètre et la lampe à portée de la main.

3° Autres instruments de mesures contenus dans le Laboratoire. — En dehors de l'ampère-standard et du volt-standard, des électrodynamomètres-balances, des wattmètres, des voltmètres multicellulaires, du potentiomètre et de son galvanomètre, et de leurs accessoires, shunts, câbles, etc., on rencontre dans le laboratoire proprement dit :

Un électromètre Addenbrooke permettant d'équilibrer une tension alternative par une tension con-

Un fréquencemètre à lecture directe ;

Quelques grandes résistances pour wattmètres ;

Quelques rhéostats formés de plaques en charbon empilées ; on gradue le courant qui traverse la pile de plaques en modifiant les résistances de contact par une compression obtenue à l'aide de vis de serrage. Quelques-uns de ces rhéostats sont montés en série, d'autres en parallèle, de manière à être prêts immédiatement pour les besoins des mesures.

Dans une armoire placée près de la porte d'entrée, on conserve les modèles des instruments qui, après des examens et des essais minutieux, ont reçu l'estampille du *Board of Trade*.

II. Salle des résistances.

La salle des résistances sert de conservatoire à l'ohm et aux autres résistances précieuses. On la réserve pour les mesures de haute précision des bobines de résistance. (On y conserve aussi les étalons Clark et Weston, à cause de la température, uniforme qui y règne.)

La salle des résistances est assez exiguë ; elle n'a que $3^m,60$ sur $4^m,10$; mais cela est très judicieux, car il est moins difficile de maintenir égale la température d'une pièce petite que la température d'une grande.

On maintient la température de la salle des résistances constante (généralement à 15°,5 C.) pendant toute l'année, sauf pendant les mois d'été. On peut y obtenir à volonté telle température que l'on veut pour les mesures et la maintenir fixe à $\frac{1}{20}$ de degré centigrade près, aussi longtemps qu'il est nécessaire, pourvu qu'il s'agisse d'une température supérieure à celle du dehors. Ce résultat est obtenu au moyen d'un thermostat composé essentiellement d'un gros réservoir à alcool surmonté d'un tube plus étroit renfermant du mercure. L'alcool se dilate ou se contracte selon que la température varie ; ses mouvements se transmettent au mercure qui règle l'admission du gaz à une sorte de poêle à gaz. Tant que la température naturelle de la salle est inférieure à 15°,5 C. ce système donne d'excellents résultats ; une gelée subite ne se sent aucunement et n'a aucune influence sur la température de la salle des résistances ; le diagramme du thermomètre enregistreur n'accuse aucun abaissement de température et, de semaine en semaine, son tracé se poursuit très sensiblement rectiligne. Cependant ce thermomètre est très sensible, puisque l'admission d'une personne dans la salle, ne serait-ce que pour quelques instants, fait monter la courbe de température d'environ $\frac{1}{10}$ de degré ; le thermostat corrige l'excès en question en une dizaine de minutes.

Il y a trois raisons pour qu'on règle la température avec un tel soin :

1° Pour que des mesures de résistance donnent des résultats précis, il faut connaître exactement la température de la bobine qu'on étudie ;

2° Toute variation considérable de température, surtout un froid intense, est susceptible de modifier la résistance des bobines, même si celles-ci sont noyées dans la paraffine ou enroulées très serrées ;

3° Les étalons de force électromotrice, le Clark surtout, doivent être maintenus à température constante.

Bien que le thermostat, placé comme il l'était primitivement, ne laissât rien à désirer comme appareil de réglage de la température de la salle dans son voisinage immédiat, la distribution de la température n'était pourtant pas tout à fait satisfaisante, à cause des dispositions respectives de la fenêtre et du poêle à gaz. Il arrivait que des bobines plongées dans des bacs d'huile voisins groupés au milieu de la pièce se trouvaient à des températures différant l'une de l'autre de près de $\frac{1}{10}$ de degré centigrade. C'est pour remédier à cet inconvénient qu'au commencement de 1906, on a muni l'un des murs d'un double revêtement d'uralite ; on a posé le thermostat contre le mur et l'on y a adossé la table de mesures. Une armoire, placée entre la fenêtre et les bobines, sert de paravent contre les courants d'air.

Ohm-Standard. — L'étalon, appelé *Board of Trade Ohm Standard Verified*, 1894, est l'une des quatre bobines construites par MM. Elliott frères pour la matérialisation de $\frac{1}{0,9866}$ (ou 1,01358) unité B. A. (British Association). Ce nombre a été adopté en 1890 comme résultat de sept déterminations, effectuées par des physiciens d'une haute autorité scientifique concer-

nant la valeur de l'ohm absolu (10^9 C. G. S) en fonction de l'unité B. A.

L'ohm a été déposé en 1894 dans la salle des résistances et n'en a jamais été retiré; cet étalon n'a jamais été exposé à une température inférieure à 12° C., ni supérieure à 25° C.; il n'a jamais supporté de courant supérieur à $\frac{1}{20}$ d'ampère (¹). On admet, dans ces conditions, que sa résistance n'a pas varié. A diverses reprises, on a soumis l'ohm à des écarts de température de 6° C., sans sortir des limites ci-dessus, afin de déterminer le coefficient de température de cet étalon ; on a trouvé 0,000275 par degré centigrade. Les différences entre ce nombre et les résultats antérieurs peuvent être attribuées à ce que les méthodes et leurs modes d'application avant 1894 n'avaient pas atteint encore le degré de précision élevé auquel on est parvenu depuis lors.

Autres étalons de résistance. — En dehors de l'ohm, la salle de résistance sert de conservatoire à un certain nombre de résistances précieuses.

Citons d'abord les cinq étalons de l'unité B. A., construits en 1867 pour le gouvernement des Indes. Ces derniers étaient déposés auparavant au laboratoire Cavendish, à Cambridge; Hockin les compara entre eux au moment de leur construction en prenant soin de mentionner à quelle température chaque bobine devait valoir exactement une unité B. A.; Chrystal et Saunders les étudièrent en 1876, et, vers 1880, Fleming dressa un Tableau permettant de déterminer la résistance d'une quelconque de ces bobines-étalons entre 0° C. et 25° C. Dans le Tableau, une courbe est affectée à chaque bobine; les résistances figurent en ordonnées, les températures en abscisses; Fleming compara les bobines en utilisant le pont de son invention (voir *Proceedings de la Physical Society*, année 1880).

On trouve encore dans la salle des résistances huit étalons secondaires d'environ 1 ohm, quelques bobines en manganin construites autrefois en Allemagne, quatre bobines en manganin de construction anglaise plus récente, une bobine-type de 1 ohm, fort bien étudiée et dont le coefficient de température a été déterminé, en 1900, avec le plus grand soin, par M. Crawley, qui en a fait don au laboratoire.

En 1906, on trouvait aussi au *Board of Trade* une série de cinq étalons secondaires de l'ohm en platine-argent d'une forme nouvelle, fabriquée spécialement par la *Cambridge Scientific Instrument Company*. Ces étalons étaient destinés à être confiés à divers établissements de la couronne britannique, pour le cas où il surviendrait un accident à l'ohm-standard. Ces étalons secondaires ont été construits en platine-argent, parce que c'est ce métal qui a servi à la construction de l'étalon prototype.

Deux spécimens d'étalons secondaires offrent un intérêt particulier; ils sont destinés à servir d'appareils de comparaisons avec les étalons des autres laboratoires. Ce sont des ohms à double bobine, construits avec des fils métalliques dont les coefficients de température diffèrent d'environ $\frac{1}{12}$. Si l'on soumet ces étalons à une série de mesures de résistances à des températures rapprochées, on peut calculer la température à laquelle leurs deux résistances deviennent rigoureusement égales, et l'on peut calculer aussi la résistance de l'ensemble à cette température. Il suit de là qu'on n'a pas besoin de faire de comparaisons de thermomètres pour comparer l'ohm du *Board of Trade* aux ohms des autres laboratoires, ce qui est un grand avantage (¹). Il suffit d'envoyer l'un des deux étalons jumelés, chacun d'eux constituant non seulement un étalon de résistance, mais encore un étalon thermométrique très précis pour un certain et unique degré de température.

On a fait, il y a quelques années, un triage entre les méthodes les meilleures pour la comparaison des résistances; le pont de Carey-Foster a été adopté pour les mesures de haute précision. On emploie généralement une modification du type Nalder, dans laquelle les deux instruments à comparer sont placés côte à côte dans un bain d'huile. Le bain a un double fond, et une pompe actionnée par un moteur électrique produit une circulation totale de l'huile qui est conduite jusqu'au centre de chaque bobine et qui coule au travers de chacune d'elles, de manière qu'elles prennent exactement l'une et l'autre la même température. Un dispositif par vis permet d'assurer le contact, et des arrangements spéciaux sont pris pour éliminer toute cause d'erreur pouvant provenir de l'échauffement inévitable. S'il s'agit de comparer des résistances de l'ordre de l'ohm, on peut lire facilement les indications du pont à moins de $\frac{1}{10}$ d'une division de l'échelle, ce qui correspond pour le pont considéré à $\frac{1,4}{1000000}$; on peut faire une série de lectures voisines de $\frac{1}{10000000}$, et cela en dépit des vibrations causées par la circulation dans Whitehall et de la perturbation magnétique causée par le tramway. Dans le cas de bobines en platine-argent, $\frac{1}{1000000}$ équivaut à une différence de température de 0,0036 degré centigrade ; étant donné que les thermomètres de verre employés actuellement sont gradués seulement au $\frac{1}{10}$ de degré centigrade et que les lectures peuvent être estimées au $\frac{1}{100}$, on se sert d'une paire de jonctions thermiques pour mesurer les différences de température. Les lectures peuvent être faites au $\frac{1}{1000}$ de degré centigrade ; on peut donc mesurer électriquement les températures avec la plus haute précision.

Autres instruments de mesures contenus dans la salle des résistances. — On trouve en outre dans la salle des résistances un grand pont de Wheatstone construit par MM. Elliott frères, et un galvanomètre différentiel (²) pour l'étalonnage de résistances inférieures à 0,1 ohm. On y trouve un jeu de sous-étalons de 0,1 ohm et au-dessous.

(¹) Ou plutôt 0,05 ampère × 0,05 volt = 0,0025 watt.

(¹) Les ohms Carpentier sont, comme on sait, en maillechort ou en manganin; ils portent, dans le couvercle en ébonite qui ferme la boîte cylindrique en laiton qui contient la bobine enduite d'une couche de paraffine, une ouverture permettant l'introduction d'un thermomètre à l'intérieur.

(²) Voir *Note on the use of the differential galvanometer*, by C.-W.-S. Crawley. — *Journal of Proceedings of the Institution of Electrical Engineers*, 1901, Part 151, t. XXX.

Une armoire renferme un certain nombre d'étalons de force électromotrice. Ceux dont on s'est servi le plus dans ces dernières années sont deux éléments Clark (grand modèle Wolff) et un élément demi-saturé Weston ; ces étalons sont enfermés dans une boîte remplie de liège en poudre. Deux conducteurs à trois brins, fortement isolés, relient ces éléments au potentiomètre Crompton-Fisher placé dans le *laboratoire*. Citons encore deux éléments Wolff de rechange, quelques éléments au cadmium et un certain nombre d'éléments Clark du type bien connu de Muirhead. Rappelons aussi qu'en 1904, une détermination soigneuse de la force électromotrice du Clark a été faite au *National Physical Laboratory* en fonction de l'ampère et de l'ohm ; on a trouvé pour valeur de cette force électromotrice 1,4329 volt à 15° C. (*B. A. Report*, p. 110) ; il suit de là que le Clark légal devrait être considéré à la température de 14° C. et non de 15° C. Aussi, depuis cette époque, tous les certificats d'éléments étalons essayés au laboratoire du *Board of Trade* font mention de ladite détermination de la force électromotrice du Clark.

. . . .

III. Salle des compteurs.

Les appareils de mesures de la puissance électrique sont étudiés dans la salle située au Sud; cette salle est destinée à la vérification et aux essais de tous les appareils qu'on envoie dans ce but au *Board of Trade;* elle contient par conséquent tous les instruments nécessaires pour effectuer ces travaux, conformément aux dispositions légales.

On a limité à 200 ampères les dispositifs pour l'amenée du courant dans cette pièce ; mais on y expérimente à tous les voltages que l'industrie peut demander. Le courant continu est prélevé sur un des câbles venant des grands éléments Tudor ; le courant alternatif est pris sur le réseau de la *London Electric Supply Corporation* à la fréquence 83, ou bien sur l'un des deux alternateurs, soit à la fréquence 50, soit à toute fréquence entre 30 et 100.

S'il s'agit d'instruments de précision, on emploie des balances Kelvin pour mesurer l'énergie et l'intensité. Pour les appareils courants, on se sert simplement de trois dynamomètres (deux Kelvin et White, un Elliott) et d'un jeu Elliott à courant continu qui permet toute lecture directe de 0,15 à 300 ampères. L'exactitude de ces derniers appareils est vérifiée périodiquement au moyen des balances.

Un four est disposé pour la vérification des compteurs ou des autres instruments à des températures données, lorsqu'il s'agit de températures égales ou même supérieures à 100° C.

IV. Locaux accessoires.

Accumulateurs. — Un bâtiment isolé renferme la salle des accumulateurs et la salle des machines.

Les courants de grande intensité nécessaires pour certains essais sont fournis par quatre groupes d'accumulateurs Tudor qui peuvent être reliés en série ou en parallèle au moyen de barres recourbées en cuivre massif et de cuves à mercure. Deux rhéostats à mercure sont établis en dehors du laboratoire. Ils ont été construits par MM. Nalder Bros. et Thompson ; le rhéostat supérieur est établi pour 1000 ampères, celui du dessous est construit de la même manière pour des courants encore plus intenses. L'un et l'autre consistent en un ensemble de deux bacs en fer étamé contenant du mercure ; la conductivité est augmentée par des bandes de cuivre disposées au fond des bacs ; un pont en court-circuit, qu'on peut manœuvrer par des ficelles de l'intérieur du laboratoire, permet de régler l'intensité du courant. Le puissant champ magnétique qui se produit lorsqu'un courant intense circule resserre la section du mercure et le refoule au delà du pont ; la partie supérieure du mercure qui a été soulevé retombe en cascade sur la partie contractée.

Pour les usages courants, on se sert d'une autre batterie formée de 104 éléments E. P. S. (Electric Power Storage C°) à 7 plaques. Ces accumulateurs, très répandus en Angleterre, ont des électrodes à pastilles ; ils bénéficient des divers avantages de l'empâtage Faure, de l'alliage Sellon (plomb et antimoine) très solide et inoxydable, et de la plaque alvéolée Volckmar. Leur mode d'assemblage, inventé en 1888, par M. Sellon, supprime complètement les contacts et les collecteurs ; l'indépendance des plaques, l'absence de toute soudure, la facilité d'inspection et de réparation ont été les principaux facteurs de leur généralisation.

Machines. — Une salle voisine de la salle des accumulateurs contient un moteur-générateur et un survolteur pour le chargement des batteries.

La description de ces appareils n'offrirait pas d'intérêt au point de vue qui nous occupe.

Dans l'étroit passage qui sépare le *laboratoire* de l'atelier, on trouve un convertisseur rotatif, tournant à 1500 tours, et alimenté par du courant à 200 volts de la Westminster Electric Supply Company. Son armature, bobinée en anneau Gramme, est partagée suivant deux diamètres à angles droits et en trois points équidistants ; à l'aide de six balais connectés aux bagues, on peut recueillir des courants alternatifs monophasés, diphasés ou triphasés à la fréquence 50. Par suite d'une très légère différence de symétrie entre les prises diphasées ou entre les pièces polaires, les deux phases ne sont pas exactement en quadrature ; elles donnent, quand elles sont opposées, un facteur de puissance apparente de 0,02 ($\cos \varphi = 0,98$). Il y a là un défaut de construction, permanent par conséquent, dont on tient compte dans les mesures où le facteur de puissance est faible.

Une série de transformateurs permet d'obtenir un nombre considérable de forces électromotrices et d'intensités de courant.

Atelier. — L'atelier, voisin de la salle des résistances, renferme un alternateur intéressant, d'une construction peut-être unique, établi en 1892 par la Brush Company sous la haute direction de M. Mordey. Cette machine fournit une grande variété de combinaisons, depuis de gros courants sous 2 volts jusqu'à un courant de 5 ampères seulement sous 1000 volts. Elle est ac-

tionnée par une dynamo Victoria Brush utilisée comme moteur.

Une autre machine Brush, spécialement construite pour le laboratoire et étudiée par M. Mordey, donne du courant continu à la tension de 2000 volts. On sait que les premières machines Brush, construites en 1881, présentaient déjà une modification spéciale de l'anneau Gramme; l'armature tourne entre les pôles épanouis de deux grands électro-aimants doubles et porte huit groupes de fils, enroulés dans des encoches. Les bobines, diamétralement opposées, sont accouplées deux à deux.

V. Examen des appareils présentés au « Board of Trade ».

Comme nous l'avons dit au commencement de cette étude, les appareils qu'on présente au *Board of Trade* peuvent se diviser en deux catégories :

Ou bien on a simplement pour but de faire certifier leur conformité avec des modèles approuvés légalement;

Ou bien on soumet des appareils nouveaux dans le but de les faire examiner, certifier et classer s'il y a lieu dans la catégorie des modèles approuvés.

Il est clair que, dans le deuxième cas, l'examen sera beaucoup plus minutieux que dans le premier.

1° *Approbation.* — L'article 50 de l'Electric Lighting Act de 1899 autorise le public à soumettre des appareils électriques de mesures au *Board of Trade;* l'attribution de certificats en est la conséquence, s'il y a lieu. Les appareils, le plus souvent des compteurs, sont examinés et certifiés sur les points suivants :

1° Leur construction mécanique;

2° Leur dispositif électrique;

3° Leurs qualités comme instruments de mesures.

De l'examen au point de vue mécanique il n'y a rien à dire, si ce n'est qu'on vérifie l'utilité de chacune des pièces qui composent l'appareil, la stabilité de l'ensemble et l'ajustage. Au point de vue électrique, on étudie le principe sur lequel l'appareil est basé et les moyens qui en assurent la réalisation; ensuite on se rend compte de la marche des circuits de courant et de tension; enfin, on essaie les appareils avec soin pour reconnaître et mesurer dans quelles limites ils obéissent aux actions extérieures, électriques, magnétiques, thermiques ou mécaniques.

Dans l'examen (et pour la délivrance du certificat correspondant) relatif aux compteurs en tant qu'instruments de mesures, on s'efforce surtout de se placer autant que possible dans les conditions mêmes où l'appareil devra être utilisé. Les essais durent souvent un ou même plusieurs jours en charge. A diverses reprises, on vérifie la régularité de l'appareil sous des charges intermédiaires entre la marche à vide et la pleine charge, de manière à déterminer par points la courbe de l'instrument. On fait aussi des essais sous une tension ou une fréquence différente de la tension ou de la fréquence normale. Les limites adoptées pour la justesse des appareils sont les suivantes :

S'il s'agit d'appareils où le courant sous la charge maxima dépasse 3 ampères, l'erreur doit être au plus égale à ± 2 pour 100 pour toute valeur comprise entre $\frac{1}{10}$ de la pleine charge et la pleine charge.

Pour faciliter l'usage de compteurs simples et peu coûteux, si le courant ne doit pas dépasser 3 ampères, la rigueur de la prescription précédente a été quelque peu atténuée. On admet ± 3 pour 100.

2° *Vérification.* — Les inspecteurs électriciens du *Board of Trade* sont chargés de procéder à la comparaison des appareils présentés avec les appareils approuvés légalement. Les règles usuelles sont très simples en ce qui concerne les compteurs.

1. L'inspecteur doit se déclarer satisfait si l'appareil est d'une construction et d'un type approuvés par le *Board of Trade* et s'il donne des résultats satisfaisants quand on le relie aux lignes d'essais du laboratoire. Si l'inspecteur a sujet de penser que le compteur en question ne peut satisfaire complètement à ces conditions, il doit prendre des réserves et mentionner dans son certificat jusqu'à quel point le compteur examiné est conforme au spécimen scellé déposé au *Board of Trade* et reconnu comme appareil étalonné.

2. Un compteur est considéré comme exact si, étant construit pour une intensité supérieure à 3 ampères, l'erreur à partir de $\frac{1}{10}$ de la pleine charge et au-dessus n'excède pas en plus ou en moins 2,5 pour 100. Si le compteur est construit pour des courants inférieurs à 3 ampères, la tolérance est de $\pm 3,5$ pour 100.

Les essais se font sous plusieurs charges, par exemple aux $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{2}$ et $\frac{4}{5}$ de la pleine charge.

En résumé, le laboratoire du *Board of Trade* est installé de manière à répondre à tous les besoins de l'industrie électrique en ce qui concerne les mesures de résistance, d'intensité, de force électromotrice ou de puissance. Les facilités procurées au public pour la vérification des instruments de mesures sont aussi étendues que possible. Dès qu'une méthode nouvelle a été étudiée ou qu'un appareil de mesure nouveau a été approuvé, le Ministère du Commerce fait paraître une Notice définissant les conditions auxquelles le travail de vérification correspondant peut être entrepris par le laboratoire; le montant des honoraires y est également fixé. Des certificats officiels sont remis aussitôt après les essais des appareils; ils sont très explicites et contiennent tous les résultats des épreuves auxquelles l'instrument a été soumis. S'il s'agit d'instruments à cadrans avec index mobiles devant une échelle, le degré de précision est exprimé en division ou en fragments de division de l'échelle de l'appareil lui-même.

Pour les instruments qui sont employés par les ingénieurs-conseils dans des essais de matériels, il est d'usage qu'on les vérifie avant et après ces essais; on se trouve ainsi parfaitement renseigné sur le degré de confiance qu'il y a lieu d'accorder aux instruments.

L'exposé précédent montre quels services le laboratoire du *Board of Trade* rend à l'industrie électrique en Angleterre; il serait désirable qu'en France un établissement gouvernemental de ce genre fût institué avec toutes les ressources qui s'attachent aux institutions de l'État.

Cte DE BAILLEHACHE,
Ingénieur des Arts et Manufactures.

DIVERS.

Mesure absolue d'une résistance électrique en unités électrostatiques, par HURMUZESCU (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CXLVIII, 7 juin 1909, p. 1514). — Le principe de la méthode est le suivant : décharger un condensateur à travers la résistance R à évaluer et en même temps modifier la capacité C du condensateur de manière que la différence de potentiel V entre les armatures reste constante.

On a alors, d'après la loi d'Ohm,

$$I = \frac{V}{R},$$

et d'autre part

$$I\,dt = dQ = V\,dC;$$

d'où l'on déduit

$$R = \frac{1}{\frac{dC}{dt}},$$

et la mesure de la résistance se trouve ramenée à celle d'une variation de capacité avec le temps.

Pratiquement on prend un condensateur cylindrique constitué par un tube de laiton c, disposé horizontalement, soutenu en porte à faux par un pied de verre, fixé et isolé à la diélectrine, en communication avec un électromètre, ou simplement un électroscope dont le rôle est réduit à la constatation d'un même potentiel constant; un cylindre extérieur C, concentrique du premier, mis à la terre, peut glisser sur une espèce de rail, suivant l'axe, parallèlement à lui-même. La capacité d'un condensateur cylindrique étant donnée par

$$C = \frac{l}{2\log\frac{D}{d}},$$

l désignant la longueur commune des deux cylindres, d le diamètre du cylindre intérieur et D celui du cylindre extérieur, on a

$$R = \frac{2\log\frac{D}{d}}{\frac{dl}{dt}}.$$

Comme d'ailleurs R est généralement constant, $\frac{dl}{dt}$ doit aussi être constant et la mesure se réduit à la recherche du temps t que doit durer le déplacement l du cylindre extérieur pour que le potentiel indiqué par l'électroscope ne varie pas.

L'auteur a appliqué cette méthode à la mesure de la résistance de l'air compris entre les deux cylindres lorsqu'on soumet cet air à l'action ionisante des rayons X. Il a trouvé des valeurs de R variant de 0,617 à 2,156 unités électrostatiques avec des rayons d'intensité décroissante. En reliant le cylindre intérieur à la terre par un fil de coton rouge il a trouvé 0,907 unité électrostatique pour la résistance de ce fil. Un morceau de bois de sapin de forme prismatique ayant 1^{mm^2} de section et 10^{cm} de longueur a donné R = 2,75 unités électrostatiques, soit 247,4 mégohms, ce qui conduit à une résistivité de 2474 mégohms-centimètres pour le bois de sapin.

Étalonnement des condensateurs, par DEVAUX-CHARBONNEL (*Comptes rendus*, t. CXLVIII, 7 juin 1909, p. 1512). — La méthode employée par l'auteur consiste à charger et décharger n fois par seconde le condensateur au moyen d'un électro-diapason, et à évaluer le courant de décharge nCE à l'aide d'un courant constant $\frac{E}{R}$ produit par la même pile et une boîte de résistances; la même déviation galvanométrique est réalisée dans les deux cas et l'on en déduit la capacité par la relation

$$C = \frac{1}{nR}$$

obtenue en égalant les deux expressions précédentes de l'intensité de courant.

Suivant l'auteur, cette méthode, bien connue, mais peu utilisée jusqu'ici, est susceptible de donner une précision très grande dans la mesure des petites capacités. En inscrivant sur un cylindre enregistreur les oscillations de l'électro-diapason et celles d'un pendule battant la seconde, on peut apprécier la période d'oscillation du diapason à moins de $\frac{1}{1000}$ de seconde; comme d'autre part la résistance R peut être connue avec une très grande approximation, l'erreur relative sur C est certainement inférieure à $\frac{1}{1000}$, ce qui est plus que suffisant pour les besoins de la pratique.

En opérant sur un condensateur étalon au mica d'une capacité d'environ 1 microfarad, l'auteur a constaté que, contrairement à l'opinion courante, la capacité varie un peu avec la fréquence : pour $n = 100$ périodes par seconde elle est de $1^{\mu f}$,0112, et pour $n = 500$ p : s elle est de $1^{\mu f}$,0105. Comme vérification, l'auteur a également opéré sur un condensateur à lame d'air, lequel a donné un nombre toujours invariable, quelle que soit la fréquence : $C = 3,271 \times 10^{-9}$ microfarad.

La connaissance très exacte de capacités a aussi permis à M. Devaux-Charbonnel de vérifier l'étalonnement de self-inductions variables, en équilibrant, dans un dispositif de pont à téléphone, la self-induction au moyen d'un condensateur shunté par une résistance.

Il a pu constater ainsi que la graduation de l'une des self-inductions, dont la construction avait été cependant particulièrement soignée, présentait une erreur constante de $\frac{6}{10000}$ d'henry.

TRAVAUX SCIENTIFIQUES.

THÉORIES.

De la mesure absolue des grandeurs fondamentales du champ électromagnétique. Possibilité d'une action mutuelle de champs électrique et magnétique constants, par V. BJERKNES (*Société française de Physique,* 18 juin 1909). — Les phénomènes généraux du champ électromagnétique dépendent de quatre grandeurs fondamentales : deux grandeurs scalaires α, β définissent le pouvoir inducteur spécifique absolu et la perméabilité magnétique du milieu, siège du champ; deux vecteurs définissent le champ électrique a, le champ magnétique b (ou bien l'induction électrique A et l'induction magnétique B). Pour la détermination de la nature physique et pour la mesure de ces grandeurs, la théorie de Maxwell fournit entre ces quatre grandeurs fondamentales trois relations seulement, de sorte qu'il n'est pas actuellement possible de mesurer ces grandeurs en véritables unités absolues sans choisir arbitrairement la valeur du coefficient α ou du coefficient β relatif au vide.

La comparaison des équations électromagnétiques de Maxwell, d'une part, et des équations mécaniques de la lumière établies par Fresnel et ses successeurs, d'autre part, a permis d'établir deux modes réciproques de correspondance entre les grandeurs électromagnétiques α, β, a, b, A, B, ... et les grandeurs mécaniques analogues : si l'on part de la théorie de l'éther gyrostatique de lord Kelvin, théorie envisagée également par Boltzmann et Heaviside, on trouve que α est la densité du milieu, tandis que si l'on adopte les vues de Larmor, de Lodge, de Sommerfeld et de Heaviside on trouve que c'est la perméabilité magnétique β qui représente cette densité. Cette correspondance de signification mécanique des grandeurs électriques et magnétiques dans les deux genres de théories est d'ailleurs résumée dans le Tableau suivant, où la seconde colonne donne la grandeur électrique de la théorie de Kelvin et la troisième celle de la théorie de Larmor qui correspond à la grandeur mécanique inscrite en tête.

Grandeurs mécaniques.	Théorie Kelvin.	Théorie Larmor.
Densité du milieu	α	β
Inverse du coefficient d'élasticité *gyrostatique* du milieu	β	α
Vitesse de déplacement des particules du milieu	a	b
Demi-moment statique de gyrotorsion par unité de volume du milieu	b	a
Quantité de mouvement par unité de volume du milieu	A	B
Double de l'angle de torsion des particules du milieu	B	A

Dans un Livre qui vient de paraître (*Die Kraftfelder,* collection *Die Wissenschaft*, 1909), M. V. Bjerknes approfondit ces analogies. Il y parvient par une modification et une extension de l'analogie hydrodynamique que son père avait découverte. Il montre que l'analogie hydrodynamique conduit à modifier la théorie de Maxwell en ajoutant à l'une des équations un terme du second ordre dont voici la signification :

Dans le premier type d'analogie, un champ électrostatique doit se déformer quand on lui superpose un champ magnétique constant non uniforme. Dans le second type d'analogie, un champ magnétique statique doit se déformer quand on lui superpose un champ électrostatique non uniforme. Si l'on suppose découverte et mesurée cette déformation de l'un des deux champs par l'autre, on a, par cela même, effectué la quatrième mesure nécessaire pour la mesure absolue complète des quatre quantités fondamentales du champ électromagnétique.

Par exemple, *dans le premier type d'analogie*, la mesure de B (induction magnétique) se ramène à la mesure de l'angle dont se trouvent infléchies les lignes de force d'un champ électrostatique sous l'action d'un champ magnétique constant non uniforme. Une expérience de ce genre a montré à M. V. Bjerknes qu'une induction magnétique de 100 unités e. m. rationnelles de Heaviside (360 unités e. m. ordinaires) correspondait à une valeur absolue de B (double de l'angle de torsion des particules de l'éther du vide) insensible à l'observation et inférieure à $\frac{1}{20000}$; on en déduit, en particulier que la densité α de l'éther du vide doit être supérieure à $\frac{4}{9}10^{-8}$ g : cm³. La valeur $\frac{1}{\beta}$ du coefficient d'élasticité de l'éther doit être supérieure à 4×10^2 dynes : cm².

RADIOACTIVITÉ.

Sur l'émanation du radium, par A. DEBIERNE (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CXLVIII, 10 mai 1909, p. 1264). — Plusieurs travaux sur la préparation et les propriétés de l'émanation du radium ont été effectués par Ramsay, en collaboration avec Soddy, Collie et Cameron. Les résultats les plus importants de ces travaux sont les suivants : l'émanation est bien un gaz, son volume peut être déterminé ; elle possède un spectre particulier, elle donne lieu à la production d'hélium. Ces résultats ont été confirmés par des recherches plus récentes de Rutherford et Royds, qui ont décrit complètement et ont donné la photographie de l'émanation. Ces derniers savants ont également déterminé le volume occupé par l'émanation en équilibre avec une quantité donnée de radium et ont trouvé qu'en présence de 1^{g} de radium l'équilibre a lieu pour un volume d'émanation de $0^{mm^3},6$. Ce dernier résultat est en désaccord avec celui qu'ont obtenu récemment Ramsay et Cameron, d'après lesquels le volume de l'émanation en équilibre avec 1^{g} de radium serait de 7^{mm^3}.

Les recherches de M. Debierne confirment d'une façon générale les résultats précédents; les résultats obtenus concordent particulièrement bien avec ceux de Rutherford et Royds. Par des expériences délicates sur le détail desquelles nous ne pouvons insister ici, M. Debierne a en effet trouvé $0^{mm^3},58$ pour le volume d'émanation en équilibre avec 1^g de radium.

Parmi les autres résultats obtenus par M. Debierne signalons un curieux phénomène : les petits tubes contenant l'émanation à la pression atmosphérique étaient le siège de décharges électriques spontanées, visibles en plein jour. Ces décharges, parfois très fréquentes (certains tubes donnaient une étincelle par minute), se présentent souvent sous forme d'étincelles très fines pouvant atteindre plusieurs millimètres de longueur, qui se produisent à l'*intérieur* du verre du tube capillaire ; le tube est alors sillonné de petites fêlures résultant du passage des étincelles. Parfois aussi les étincelles partent d'un point très brillant situé sur la surface du tube en contact avec l'émanation. Enfin, quelquefois la décharge se produit à travers l'émanation elle-même qui s'illumine assez fortement. Ces décharges disruptives se produisent seulement avec certaines espèces de verre. Le verre qui présentait le plus fréquemment le phénomène était un verre fusible contenant du plomb et qui, cependant, prenait une teinte violette sous l'influence des rayons de l'émanation. Des tubes en verre contenant une forte proportion de plomb n'ont pas présenté le phénomène.

Suivant M. Debierne, ce phénomène peut être attribué à l'accumulation dans le verre des charges électriques des rayons α et β émis par l'émanation, lorsque le verre est un isolant suffisamment parfait.

Sur la condensation de l'émanation du radium, par A. LABORDE (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CXLVIII, 16 juin 1909, p. 1591). — En 1903, Rutherford et Soddy ont constaté que l'émanation du radium, condensée à la température de l'air liquide dans un tube de cuivre, se dégage brusquement quand la température s'est élevée jusqu'à la température de — 150° environ. Sur le conseil de Mme Curie, l'auteur a recherché si la nature de la paroi du tube où s'est effectuée la condensation a quelque influence sur la température à laquelle se produit le dégagement de l'émanation.

M. Laborde a constaté que la température de dégagement dans le cuivre, le fer, l'étain, l'argent, est très sensiblement la même (— 153° à — 155°), mais que dans le verre et le verre argenté elle est sensiblement plus basse (—178° et —176° en moyenne). Il a alors fait quelques expériences en mettant dans le récepteur des substances connues pour leur propriété d'absorber certains gaz (charbon de bois de noix de coco, écume de mer, noir de platine, mousse de platine), et des résultats obtenus dans ces expériences il croit pouvoir conclure que les différences entre les températures de dégagement de l'émanation dans le cuivre, le fer, l'étain, l'argent, d'une part, le verre et le verre argenté, d'autre part, doivent être attribuées à ce que chaque corps est capable, comme le charbon de bois, d'absorber, pour chaque température, une certaine quantité de l'émanation et que celle-ci ne peut devenir libre que lorsque la température a pris une certaine valeur, laquelle valeur dépend de la nature du corps considéré.

Le dégagement de chaleur des corps radioactifs, par WILLIAM DUANE (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CXLVIII, 1er et 22 juin 1909, p. 1448 et 1665). — Dès la découverte de la radioactivité, la question de la transformation d'énergie a été discutée comme une des plus importantes. On sait que P. Curie et Laborde ont découvert le dégagement de chaleur par le radium, et, depuis cette découverte capitale, Rutherford et Barnes ont trouvé que les premiers produits de transformation du radium dégagent également de la chaleur.

L'auteur a cherché si les autres substances radioactives dégagent de la chaleur et, en raison des faibles quantités de chaleur dégagées, il a imaginé un appareil extrêmement sensible pour les mesures.

Celui-ci se compose de deux récipients en verre, vides d'air, aux trois quarts remplis d'un liquide très volatil (éther) et communiquant par un tube horizontal dans lequel peut se déplacer une petite bulle d'air; suivant l'axe vertical de chacun des récipients est soudé un tube en verre mince servant de calorimètre. Si l'on met dans l'un de ces tubes une substance radioactive et si celle-ci dégage de la chaleur, cette chaleur augmente la force élastique de la vapeur du liquide contenu dans le récipient correspondant et la bulle d'air du tube de communication se déplace vers l'autre récipient. On évalue ce déplacement avec une lunette et l'on étalonne l'appareil en mesurant le déplacement produit par une quantité de chaleur connue produite par un courant électrique. On peut aussi se servir de l'appareil comme instrument de zéro en absorbant la chaleur dégagée par la substance radioactive, de manière que la bulle reste rigoureusement en place ; cette absorption de chaleur est obtenue en utilisant le phénomène Peltier, c'est-à-dire en faisant passer un courant de sens convenable à travers la surface de contact de deux métaux différents (fer et nickel).

Pour essayer l'appareil, l'auteur a mesuré la chaleur dégagée par un sel contenant $0^{mg},80$ de chlorure de radium ; il a trouvé un dégagement de $0^{cal},073$ par heure, ce qui correspond à 120^{cal} par heure et par gramme de radium, nombre peu éloigné de ceux récemment trouvés (110, 117 et 118).

En opérant sur un sel contenant une assez grande quantité de radio-thorium prêté par Mme Curie, l'auteur a constaté que le radio-thorium dégage une quantité de chaleur du même ordre que celle dégagée par le radium pour un même pouvoir d'ionisation.

Les mesures faites sur un sel de polonium (relatées en détail dans la seconde Note) conduisent à la même conclusion.

Ces conclusions sont favorables à l'hypothèse que la chaleur dégagée par ces corps est due à l'énergie cinétique des rayons α.

Sur le radium et l'uranium contenus dans les minéraux radioactifs, par Mlle ELLEN GLEDITSCH

(*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CXLVIII, 1er juin 1909, p. 1451). — Il est généralement admis, d'après des recherches de nature différente de Mc Coy, Eve, Strutt, Boltwood et Rutherford [1], que dans les minéraux radioactifs il existe un rapport constant entre l'uranium et le radium. En étudiant trois minéraux radioactifs (une autunite de France, une pechblende de Joachimsthal et une thorianite de Ceylan), l'auteur a trouvé que pour ces minéraux le rapport était différent et n'était pas le même que celui admis.

IONS ET ÉLECTRONS.

Sur la charge de l'ion négatif d'une flamme, par Georges MOREAU (*Comptes rendus*, t. CXLVIII, 10 mai 1909, p. 1255). — La théorie cinétique donne la formule

$$\frac{K}{D} = \frac{3e}{2\alpha T},$$

où K est la mobilité de l'ion, D son coefficient de diffusion à travers le gaz, T la température absolue, α la constante d'énergie moléculaire. Cette dernière quantité étant connue ($\alpha = 1,7 \times 10^{-16}$ d'après M. Jean Perrin), la formule précédente permettra le calcul de e si l'on peut déterminer le rapport $\frac{K}{D}$.

Ce rapport a été déterminé par l'auteur par la mesure du courant qui se produit entre deux lames métalliques formant condensateur et dont l'une est chauffée par la flamme; les ions négatifs filtrent à travers cette lame chaude et vont décharger l'autre armature du condensateur.

En portant la valeur ainsi trouvée dans la formule ci-dessus, l'auteur a obtenu pour la charge d'un électron $e = 4,3 \times 10^{-10}$, nombre compris entre ceux indiqués par Millikan ($4,06 \times 10^{-10}$), Perrin ($4,1 \times 10^{-10}$) et Rutherford ($4,65 \times 10^{-10}$).

Détermination de la charge élémentaire d'une particule en suspension dans un gaz, par DE BROGLIE (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CXLVIII, 17 mai 1909, p. 1315). — Toutes les fumées sont résolubles, quand on examine au microscope un faisceau lumineux intense qui les traverse, en un grand nombre de points brillants animés, outre les mouvements d'ensemble que le gaz peut posséder, de vifs mouvements browniens. Si l'on soumet la fumée à un champ électrostatique, on voit individuellement les poussières chargées et l'on peut suivre et mesurer leurs déplacements, ainsi que l'a annoncé l'auteur dans deux communications antérieures [2]. La mesure de ce déplacement permet de calculer la charge e que possède une particule.

En effet, de l'examen des trajectoires enregistrées photographiquement, on peut déduire la mobilité ou vitesse dans un champ unité, v, laquelle est liée à la charge e par la formule de Stokes

$$e = 6\pi a \mu v,$$

où a est le rayon de la particule et μ le coefficient de viscosité du milieu. D'autre part, la formule d'Enstein [1]

$$a = \frac{RT}{N} \frac{t}{3\pi\mu\Delta^2}$$

donne le moyen de calculer a si l'on connaît le carré moyen Δ^2 du déplacement d'une particule suivant une direction quelconque pendant le temps t, par l'effet du mouvement brownien, déplacement mesurable directement sur une projection agrandie des clichés photographiques.

La moyenne d'un grand nombre de mesures sur des particules de fumée de tabac a donné $0,7 \times 10^5$ centimètres carrés pour le carré moyen du déplacement, et $27,5 \times 10^{-3}$ centimètre par seconde pour la mobilité; on en déduit $a = 4,9 \times 10^{-6}$ centimètre (formule d'Einstein) et $e = 4,5 \times 10^{-10}$ unité électrostatique (formule de Stokes), valeur bien concordante avec celles qu'ont données de nombreuses méthodes pour la charge atomique élémentaire.

Une autre série de mesures faites sur des particules plus grosses donne un rayon moyen $a = 5 \times 10^{-5}$ centimètre et conduit à une charge e valant plusieurs fois la charge atomique, résultat qui s'explique si l'on admet qu'une particule déjà chargée est capable d'attirer une nouvelle charge de même signe, malgré les répulsions mutuelles, lorsque sa grosseur permet de la considérer comme subissant l'influence, à la façon d'un petit conducteur.

Sur les conditions de charge électrique des particules en suspension dans les gaz; charge des fumées chimiques, par DE BROGLIE et BRIZARD (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CXLVIII, 1er juin 1909, p. 1457). — La possibilité de la fixation de plusieurs charges électriques élémentaires sur une même particule, admise dans le travail précédent, peut être montrée comme il suit : des fumées de chlorure d'ammonium, électriquement neutre, sont soumises à l'aigrette d'une machine électrostatique; on observe alors dans l'ultramicroscope des particules ayant toutes des charges de même signe et douées d'une mobilité relativement grande. Le champ étant alors supprimé, on expose les fumées au rayonnement du radium et l'on rétablit le champ; on remarque que les mobilités sont devenues 4 ou 5 fois moindres et qu'il y a des charges positives ou négatives. Ce fait s'explique immédiatement par l'ionisation intense et des deux signes que crée le radium dans le gaz où se trouvent les particules; le

(1) Mc Coy, *Ber. d. d. chem. Ges.*, t. XXXVII, 1904, p. 2641. — A.-S. Eve, *Am. Journ. Science* (*Slliman*), t. XXII, p. 4 et 477 — Strutt, *Proc. Royal Soc. A.*, t. LXXVI, 1905, p. 88. — Boltwood, *Am. Journ. Science*, t. XVIII, n° 104, t. XXV, avril 1908. *Phil. Mag.*, avril 1905. — Rutherford and Boltwood, *Am. Journ. Science*, t XX, juillet 1905; t. XXII, juillet 1906.

(2) *Comptes rendus*, t. CXLVI, 1908, p. 1010, et t. CXLVIII, 1909, p. 1163.

(1) Une démonstration de cette formule a été donnée par Langevin (*Comptes rendus*, t. CXLVI, 1908, p. 530).

jeu des recombinaisons produit un équilibre qui ramène les charges à leur valeur ordinaire.

Les auteurs ont en outre appliqué la méthode de détermination de la charge *e* exposée dans le travail précédent à diverses sortes de fumées chimiques. Cette étude les a conduits aux résultats suivants : *a*, la fumée produite par action chimique sans élévation sensible de température et sans barbotage ne sont pas chargées (fumées à l'air humide de PCl^3, PCl^5, $AsCl^3$, $SbCl^5$, HCl, etc.); *b*, sont chargées des deux signes les fumées produites par des réactions vives (projection dans l'eau de SO^3, P^2O^5, PCl^5, Na, etc.); *c*, il en est de même de celles formées avec incandescence (As et Sb dans Cl, combustion de PH^3, etc.).

DÉCHARGE ÉLECTRIQUE.

Décharge discontinue dans un tube de Geissler, par H.-A. PERKINS (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CXLVIII, 3 et 24 mai 1909, p. 1170 et 1389). — On sait depuis longtemps que dans certaines conditions la décharge produite par un champ constant dans un tube de Geissler devient intermittente et qu'un récepteur téléphonique en circuit produit un son. Dans ses recherches sur la chute de potentiel cathodique, M. Capstick (1) était gêné par cette discontinuité qui se produisait en général quand le gaz n'était pas un gaz simple comme l'hydrogène, mais un mélange ou un gaz composé comme la vapeur d'eau; l'amorçage du son était très incertain, la fréquence des interruptions variable, et M. Capstick n'a pu arriver à une explication de ces phénomènes.

L'auteur les a retrouvés dans des expériences faites d'ailleurs dans un autre but. En opérant avec une batterie d'accumulateurs permettant d'augmenter la différence de potentiel entre les électrodes du tube de Geissler d'une manière graduelle, M. Perkins a constaté que, pour une distance entre électrodes de 6^{cm}, un changement brusque se produisait dans l'aspect de la décharge quand la différence de potentiel passe par 300 volts. Au même moment on entend un bruit dans le téléphone intercalé dans le circuit; ce bruit, tout d'abord à pulsations lentes et séparées, devient une note claire par une augmentation de la tension de quelques volts, note dont la fréquence croît avec la tension et qui pour 2000 volts est tellement aiguë, qu'elle impressionne péniblement l'oreille.

Les mêmes phénomènes se produisent pour d'autres valeurs de la distance entre électrodes; mais alors le changement d'apparence de la décharge et la production du son dans le téléphone ont lieu pour des valeurs différentes de la tension critique.

L'auteur a également constaté que, si l'on met un condensateur à capacité variable en dérivation sur le tube, la variation de sa capacité n'a aucun effet sur la décharge tant que celle-ci est continue. Mais, dès que cette décharge devient alternative, toute variation de la capacité modifie l'intensité lumineuse en même temps qu'elle change la hauteur du son donné par le téléphone.

(1) CAPSTICK, *Proc. Roy. Soc.*, t. LXIII, 1898, p. 356.

Dans sa seconde communication l'auteur donne une explication des phénomènes en faisant intervenir la capacité du tube, considéré comme un condensateur imparfait dont l'une des armatures serait la cathode; l'autre armature serait tout le reste du tube et le diélectrique serait l'espace de Crookes qui possède une certaine conductibilité, d'ailleurs variable avec la tension appliquée. La décharge intermittente d'un tel condensateur explique en effet les apparences observées, comme l'indique un calcul publié dans cette communication et qu'il serait trop long de reproduire.

Sur les projections cathodiques, par L. HOULLEVIGUE (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CXLVIII, 17 mai 1909, p. 1320). — On sait qu'une cathode placée dans le vide projette, en outre des corpuscules déviables par l'aimant, des parties de sa propre substance. Ces projections de matière ne sont pas déviées d'une façon appréciable par le champ magnétique, ce qui prouve que les particules projetées ont, ou une masse matérielle grande, ou une charge électrique faible, ou une grande vitesse. Les expériences qu'a faites l'auteur sont favorables à la première hypothèse, qui n'exclut d'ailleurs aucune des deux autres; elles semblent en outre indiquer qu'il est impossible de se représenter les dépôts cathodiques comme formés de morceaux arrachés à la cathode et transportés tels quels dans l'espace environnant; on pourrait plutôt, suivant l'auteur, les comparer à des taches formées à la surface du verre par des condensations moléculaires effectuées dans la région de l'auréole négative.

MAGNÉTISME TERRESTRE.

Recherches sur le magnétisme terrestre, par E. MATHIAS (*Revue générale des Sciences*, 20e année, 15 juin 1909, p. 482-495). — Dans cet article l'auteur expose les résultats des études du magnétisme terrestre qu'il poursuit depuis 1893; son exposé comprend trois parties : la première se rapporte aux mesures absolues faites à l'Observatoire de Toulouse de 1893 à la fin de 1906; la deuxième est relative aux mesures absolues exécutées dans la région de Toulouse; la troisième, qui est la partie essentielle, est relative à la recherche de la loi de distribution régulière des éléments magnétiques d'une contrée à une date fixe.

I. MESURES ABSOLUES FAITES A TOULOUSE DE 1893 A 1906. — Pour des raisons variées parmi lesquelles le manque d'argent et l'annonce de l'installation (aujourd'hui réalisée) de tramways électriques à Toulouse, le service magnétique de l'Observatoire ne comprend pas d'enregistreurs, ces instruments exigeant, d'une part, un observateur presque exclusivement occupé au dépouillement des courbes et, d'autre part, un emplacement situé à 8^{km} où 10^{km} de toute ligne de tramway électrique. On a dû se borner à des mesures absolues de la déclinaison, de la composante horizontale et de l'inclinaison. De 1893 à 1906, ces mesures, exécutées par M. Mathias ou ses assistants, ont été au nombre de 1289, soit 613 déclinaisons, 609 composantes horizontales, 257 inclinaisons.

Pour se rendre compte du degré de confiance qu'on peut avoir dans les résultats, chacun d'eux a été comparé avec ceux donnés par les appareils enregistreurs du Parc Saint-Maur jusqu'en 1900 et par les appareils du Val-Joyeux depuis cette dernière date, à laquelle le service magnétique du Parc Saint-Maur a dû émigrer au Val-Joyeux pour se mettre à l'abri des effets perturbateurs des courants vagabonds des installations électriques. Si la mesure a été faite pendant une période de calme magnétique, on observe en effet qu'entre les résultats obtenus à Toulouse et au Parc Saint-Maur à la même heure locale existe une différence très sensiblement constante pendant le cours d'une année. Tout résultat ne présentant pas cette différence est réputé mauvais.

L'ensemble des mesures a fait reconnaître que la différence dont il vient d'être question varie légèrement d'une année à l'autre : sa valeur absolue va très nettement en diminuant de 1893 à 1899; elle croît ensuite jusqu'en 1905, puis décroît de nouveau. Ces variations de la différence paraissent en corrélation avec celles de la fréquence des taches solaires, ce qui confirme la théorie de Rudolf Wolff relativement à l'influence des taches solaires sur la variation diurne des éléments magnétiques. Toutefois, comme des observations magnétiques faites à Toulouse ne s'étendent guère que sur une période des taches solaires (laquelle est de 11 ans), M. Mathias a recherché si une confirmation du même genre se manifeste lorsqu'on prend la différence des valeurs de la déclinaison à Greenwich et à Paris, au premier janvier de chaque année depuis 1883, et il a constaté qu'en effet cette différence passe par des maxima et des minima précisément les années où la fréquence des taches solaires passe aussi par des maxima ou des minima.

Mais, de cet accord entre les variations des éléments magnétiques et celles du nombre relatif des taches solaires, on ne saurait conclure que les taches solaires ont une influence *propre* sur le magnétisme terrestre : il pourrait se faire en effet que les variations magnétiques aient une autre cause solaire produisant en même temps une variation dans le nombre des taches. Pour reconnaître si les taches exercent une action propre, M. Mathias a divisé les résultats de ses mesures de déclinaison et de composante horizontale en trois groupes, suivant qu'elles correspondent à des jours où le Soleil est sans taches ni pores, présente seulement des pores ou enfin seulement des taches. Si les taches ont une action directe, on doit s'attendre à ce que la différence des mesures faites à Toulouse et au Parc Saint-Maur présente une moyenne différente dans les trois cas. Or cette moyenne est la même aux erreurs d'observation près. On serait tenté d'en conclure que l'action propre des taches n'existe pas; M. Mathias est plus prudent et conclut seulement que « l'action propre des taches et des pores, si elle existe, n'est pas toujours de même sens » La question soulevée au début de ce paragraphe n'en est pas moins élucidée en partie et l'on peut dire : « Ce ne sont probablement pas les taches solaires elles-mêmes qui agissent, mais plutôt certaines parties de la surface solaire incomparablement plus étendues qu'elles et qui sont les véritables régions actives ». Cette conclusion est d'ailleurs d'accord avec une théorie de M. Marchand, directeur de l'Observatoire du Pic du Midi, d'après laquelle l'action du Soleil sur les phénomènes terrestres se produit par l'intermédiaire de régions d'activité caractérisées surtout par des facules avec ou sans taches.

II. Mesures absolues faites dans la région de Toulouse. — Ces mesures se rapportent à 176 localités appartenant à 13 départements. Un certain nombre d'entre elles ont été effectuées dans le gouffre de Padirac, afin de voir si les éléments magnétiques de la surface du sol sont ou non identiques à ceux de l'intérieur du gouffre; elles étaient particulièrement délicates, les lectures sur les appareils étant fort difficiles à faire avec précision à la lumière de quelques bougies, et l'auteur indique comment il est parvenu à surmonter ces difficultés. Quant aux résultats obtenus dans cette exploration du gouffre, elles ont déjà été signalées ici (1) : l'inclinaison et la composante horizontale du gouffre ne diffèrent pas d'une façon appréciable des éléments correspondants de la surface du sol.

III. Recherche de la loi de distribution régulière des éléments magnétiques. — Cette recherche a été faite en utilisant les résultats des mesures effectuées dans toute la France par M. Ch. Moureaux et rapportées à une même date. Si l'on essaie de représenter l'ensemble de ces mesures par des lignes isomagnétiques, on constate que celles-ci présentent des irrégularités. Ces irrégularités peuvent être attribuées à des causes perturbatrices ou anomalies locales, et si celles-ci n'existaient pas les lignes isomagnétiques auraient des formes très simples, de telle sorte que la différence des valeurs d'un élément magnétique en deux lieux serait alors une fonction simple de la différence de longitude et de la différence de latitude des deux lieux. Le problème que s'est proposé de résoudre M. Mathias consiste dans la recherche des coefficients des formules donnant la différence des valeurs régulières d'un élément magnétique (par exemple la différence ΔD de la déclinaison) en fonction des différences de longitude et de latitude (Δ long et Δ lat), dans l'hypothèse où ces formules sont de la forme

$$\Delta D = x + y(\Delta \text{long}) + z(\Delta \text{lat}) + t(\Delta \text{long})^2 + u(\Delta \text{long})(\Delta \text{lat}) + v(\Delta \text{lat})^2.$$

Pour déterminer les 5 coefficients de cette formule, on a autant d'équations qu'il y a de localités où des mesures de l'élément magnétique correspondant ont été faites. La résolution de ces équations peut se faire par la méthode des moindres carrés. Mais, puisqu'on a seulement en vue la recherche de la distribution régulière des éléments magnétiques, il convient tout d'abord d'exclure les localités présentant des anomalies. Deux méthodes ont été employées par M. Mathias pour reconnaître les stations anomales.

Une première méthode, dite *méthode de la formule provisoire,* consiste à éliminer tout d'abord les stations qui, à premier examen, présentent des anomalies notables.

(1) *La Revue électrique,* t. II, 30 août 1904, p. 126.

Au moyen des éléments des autres stations, on calcule x, y, etc., par la méthode des moindres carrés. Cela fait, on calcule, au moyen de la formule ainsi obtenue, les différences ΔD de chacune de ces stations par rapport à une station prise pour référence. Si le ΔD ainsi calculé diffère du ΔD observé d'une quantité plus grande qu'une certaine limite de l'ordre des erreurs de mesures, la station est considérée comme anomale; dans le cas contraire, elle est considérée comme régulière. En opérant ainsi, M. Mathias trouva environ 400 stations régulières; il avait donc 400 équations à 6 inconnues qui lui donnèrent les valeurs définitives de ces 6 inconnues par la méthode des moindres carrés. On conçoit combien les calculs doivent être pénibles et fastidieux.

La seconde méthode, dite *méthode des districts*, est moins laborieuse. Puisqu'on a 6 inconnues à déterminer, 6 équations suffiraient; en en prenant 12 et résolvant par la méthode des moindres carrés, on aura une valeur moyenne des coefficients très suffisamment correcte et sans de trop longs calculs. Or, si l'on divise la France en 12 régions (correspondant à peu près aux anciennes grandes provinces), les anomalies locales ont des chances de se compenser. Par conséquent, si dans chaque région on prend une station de référence idéale définie géographiquement par la moyenne arithmétique des longitudes et des latitudes des stations de mesures de la région et magnétiquement par la moyenne des valeurs des éléments magnétiques dans ces stations, on pourra considérer cette station fictive comme régulière. En prenant ensuite les différences de longitude, latitude, etc., entre chacune de ces stations fictives et la station de référence, on aura les 12 équations dont il est question plus haut. Toutefois, en appliquant cette méthode, M. Mathias ne s'est servi que de 11 équations, ayant laissé de côté la région qui comprenait le bassin de Paris, lequel présente des anomalies très grandes. Les formules ainsi trouvées donnent d'ailleurs des résultats presque identiques à ceux des formules obtenues par la première méthode, ce qui constitue une confirmation de l'exactitude des unes et des autres en même temps qu'une preuve que notre pays est, au point de vue magnétique, le type des contrées régulières en dépit des quelques anomalies que peuvent présenter le Bassin de Paris, le Plateau Central, la Bretagne et quelques points particuliers, comme les environs immédiats de La Châtre.

En possession des formules de distribution régulière, M. Mathias a comparé les résultats qu'elles donnent avec les résultats des mesures pour les stations anomales. Il a cherché ensuite si les différences ainsi trouvées, en d'autres termes les anomalies, n'avaient pas quelque relation avec l'altitude ou avec la nature du terrain. Dans cet ordre d'idées, il a obtenu quelques résultats intéressants.

Courants telluriques d'induction dans les régions polaires, par Kr. BIRKELAND (*Comptes rendus*, t. CXLVIII, 7 juin 1909, p. 1556). — Suivant l'auteur, il se produit dans les régions polaires de grandes précipitations de corpuscules électriques et celles-ci doivent donner lieu, dans la terre elle-même, à de forts courants d'induction. L'auteur a étudié ces courants à Kaafjord, dans le Finmark; il a constaté que les courbes des courants et celles des perturbations magnétiques présentent une simultanéité telle « qu'on ne peut douter que les variations magnétiques sont produites par les courants telluriques », et conclut que « si, en Europe ou ailleurs, on a pu se trouver en présence de différences de temps considérables entre les variations des courants terrestres et les oscillations magnétiques correspondantes, il faut peut-être en chercher, au moins partiellement, la raison dans ce fait qu'on mesure les courants telluriques avec des câbles courts ».

DIVERS.

Sur l'influence du champ magnétique sur les différences de potentiel de Volta et sur les forces électromotrices d'aimantation, par V. POSEJPAL (*Société française de Physique*, 18 juin 1909). — Divers phénomènes, en particulier l'influence d'un champ magnétique sur la force électromotrice d'un élément thermo-électrique découvert par Thomson en 1856, celle sur l'effet Peltier démontrée par Houllevigue en 1896, faisaient prévoir qu'un champ magnétique influe sur la valeur de la différence de potentiel au contact de deux corps. C'est ce que l'auteur a vérifié expérimentalement en opérant sur un contact zinc-fer soumis ou non à l'action d'un champ : la différence de potentiel au contact est accrue par l'effet d'un champ magnétique.

De ce fait découle la conclusion suivante : si un circuit métallique zinc-fer présente deux soudures dont une seule est soumise à un champ magnétique intense, le couple doit constituer une source de force électromotrice. L'auteur n'a pu vérifier expérimentalement cette conclusion, un courant d'origine thermo-électrique venant toujours compliquer le phénomène. Toutefois, les résultats des expériences s'interprètent aisément si, conformément à la conclusion précédente, on suppose qu'il y a superposition d'une force électromotrice d'origine magnétique à la force électromotrice thermo-électrique dont il vient d'être question.

Sur un exemple de phénomène de Zeeman longitudinal positif pur dans les spectres d'émission des vapeurs, par A. DUFOUR (*Comptes rendus*, t. CXLVIII, 17 mai 1909, p. 1311). — L'auteur signale un fait nouveau intéressant en ce qu'il constitue une exception à une relation que l'auteur croyait générale pour les vapeurs et parce qu'il fait disparaître une des différences qui existaient entre les résultats obtenus par M. J. Becquerel dans son étude des bandes d'absorption des cristaux et ceux que l'auteur a donnés dans le cas des spectres d'émission des vapeurs.

BIBLIOGRAPHIE (¹).

L'Électrotechnique exposée à l'aide des Mathématiques élémentaires, par N.-A. PAQUET et A.-C. DOCQUIER, ingénieurs des Mines, anciens professeurs d'écoles industrielles, et J.-A. MONTPELLIER, rédacteur en chef de l'*Electricien*. — Tome I : *L'Energie et ses transformations. Phénomènes magnétiques, électriques et électromagnétiques. Mesures usuelles.* Un vol. $25^{cm} \times 14^{cm}$, 328 p., 194 fig. H. Dunod et E. Pinat, éditeurs, 49, quai des Grands-Augustins. Prix : broché, $7^{fr},50$; cartonné, 9^{fr}.

Cet ouvrage, conçu sur un plan entièrement nouveau, a été rédigé dans un but de haute vulgarisation.

Rompant avec les traditions, les auteurs ont voulu mettre la science électrique à la portée de tous ceux qui s'y intéressent, et à cet effet, laissant de côté les méthodes surannées d'enseignement, ils ont cherché à exposer tous les phénomèmes et leurs lois dans un langage clair et simple, parfois d'une naïveté cherchée, langage qui n'est plus celui du professeur, mais bien celui de l'instituteur et du praticien.

Ce premier volume, consacré exclusivement à l'étude de l'énergie électrique et aux phénomènes et lois générales de l'Électrotechnique, sera suivi d'un deuxième dans lequel on exposera les procédés actuels de production de l'énergie électrique : piles, dynamos à courant continu et alternateurs. Dans un troisième et dernier volume seront successivement traités les divers modes de transformation et de distribution de l'énergie électrique, ainsi que les méthodes pratiques de mesures industrielles. Les diverses applications feront ultérieurement l'objet d'une autre série de volumes actuellement en préparation.

Construction des induits à courant continu, par E.-T. BRUNSWICK et M. ALIAMET. Un vol. $19^{cm} \times 12^{cm}$, 192 p., 38 fig., de l'*Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire*. Gauthier-Villars, éditeur. Prix : broché, $2^{fr},50$; cartonné, 3^{fr}.

Dans les sept chapitres de ce volume, les auteurs étudient successivement les coussinets et les paliers de la dynamo, puis les autres organes mécaniques de transmission tels que poulies, courroies, cordes, etc.

Les paliers sont divisés en deux catégories principales, suivant qu'ils doivent recevoir des coussinets pour tourillons glissants ou des roulements à billes.

Les premiers exigent une lubrification automatique, abondante et efficace, et de grandes précautions doivent être prises pour éviter les fuites ou les suintements d'huile. Il faut également se préoccuper de leur refroidissement qui, naturel dans les dynamos de petite et de moyenne puissance, doit être aidé par des moyens artificiels s'il s'agit de certaines machines telles que les turbo-dynamos.

Le palier pour roulements est plus simple, puisqu'on n'a pour ainsi dire pas à prévoir de graissage ni de refroidissement auxiliaire. Cette grande simplicité, qui provient de pertes d'énergie excessivement réduites dans les roulements, est la principale cause de leur succès.

Signalons également l'étude particulièrement intéressante de l'enrouleur Leneveu, système réellement remarquable, qui a fait ses preuves et qui n'est pas assez connu.

Ce volume fourmille de documents et d'aperçus intéressants qu'il était difficile de condenser davantage. Un Index bibliographique, judicieusement composé, permet de se reporter aux ouvrages et travaux originaux où le lecteur trouvera les compléments que le cadre des *Aide-Mémoire* ne permet que de mentionner.

Électricité agricole, par A. PETIT, ingénieur agronome et ingénieur électricien. 1 volume $18^{cm} \times 12^{cm}$, 400 p., 100 fig., de l'*Encyclopédie agricole*. J.-B. Baillière et fils, éditeurs, 19, rue Hautefeuille, Paris. Prix : broché, 5^{fr}; cartonné, 6^{fr}.

Comme le dit l'auteur dans sa préface, ce livre n'est ni un ouvrage de vulgarisation, ni un ouvrage d'enseignement; il est surtout destiné à montrer aux agriculteurs tout le parti que ceux-ci peuvent tirer de l'emploi de l'électricité comme agent d'éclairage et de force motrice.

Toutefois, l'auteur a tenu à donner à ses lecteurs les notions indispensables pour qu'ils puissent se rendre compte des conditions dans lesquelles doit être conçue et dirigée une installation électrique. Après quelques généralités, il indique sommairement le fonctionnement des dynamos, des moteurs hydrauliques, des moulins à vent; il passe ensuite à la transmission et la distribution de l'énergie électrique, puis montre comment celle-ci peut être transformée : en énergie mécanique utilisée pour actionner les nombreuses machines agricoles, en énergie lumineuse ou calorifique pour l'éclairage des fermes et le chauffage de divers appareils, enfin en énergie chimique pour la fabrication de certains corps trouvant emploi dans les installations agricoles, l'ozone particulièrement. Un Chapitre fort intéressant est consacré à des monographies d'installations électriques agricoles.

En résumé, livre fort bien conçu pour contribuer au développement des applications de l'électricité en agriculture et dans lequel l'ingénieur électricien trouvera des renseignements généraux sur les nombreux problèmes que soulève ce genre d'applications.

(¹) Il est donné une analyse bibliographique de tout Ouvrage dont *deux* exemplaires sont adressés à la Rédaction.

VARIÉTÉS. — INFORMATIONS.

CHRONIQUE FINANCIÈRE ET COMMERCIALE.

Convocations d'Assemblées générales. — *Société immobilière des Forces motrices du Vercors.* Assemblée ordinaire, le 28 juin, à 11h, 3, rue du Président-Carnot, à Lyon (Rhône).

Société électrique de La Mure. Assemblée ordinaire, le 16 juillet, à 8h, salle de l'usine électrique, à La Mure (Isère).

Nouvelles Sociétés. — *Société en nom collectif R. Chobillon et Ch. Guyot : appareils électriques.* Siège social : 266, rue des Pyrénées, à Paris. Durée : 15 ans. Capital : 26 000fr.

Société en commandite Carpentier, Rivière et Cie : appareils électriques. Siège social, 3, rue de Chantilly, Paris. Durée : 20 ans. Capital : 40 000fr dont 25 000fr par la commandite.

Société anonyme dite « Société des accumulateurs Heins ». Siège social : 27, rue Cavé, Paris. Durée : 30 ans. Capital : 660 000fr.

Société en nom collectif Schweitzer frères : entreprise d'Électricité. Siège social : 14, place Fénelon, à Wasquehal (Nord). Durée illimitée. Capital : 5000fr.

Société électrique de la banlieue de Reims. Siège social : 109, boulevard de la République, à Reims (Marne). Durée : 40 ans. Capital : 250 000fr.

Société électrique de Rosny, Guernes, Rolleboise. Siège social : à Rosny-sur-Seine. Capital : 75 000fr. Constituée le 25 mai 1909.

Énergie électrique de la Côte-d'Or. Siège social : 30, rue de Longuré, à Dijon (Côte-d'Or). Capital : 400 000fr. Constituée le 17 mai 1909.

Société des forces électriques de la Goule. — Du Rapport présenté par le Conseil d'administration à l'Assemblée générale ordinaire du 28 avril 1909, nous extrayons ce qui suit :

Mois.	Nombre de jours de marche.	Nombre d'heures de marche.	Production en kw : h.	Charbon consommé en kg.
		h m		
Janvier	16	146.30	57 300	118 982
Février	5	9.15	3 030	11 843
Mars	»	»	»	»
Avril	»	»	»	»
Mai	»	»	»	7013 (1)
Juin	»	»	»	»
Juillet	»	»	»	»
Août	5	52.30	15 230	36 913
Septembre	4	39.15	12 850	27 984
Octobre	23	300.45	154 540	271 631
Novembre	19	384.45	210 280	363 835
Décembre	14	78.15	33 210	79 619
	86	1011	486 440	917 820

Journée de marche la plus courte, le 23 novembre, 1 heure 15 minutes; production : 750 kw : h. Journée de marche la plus longue, le 12 novembre, 24 heures; production : 14 160 kw : h. Prix moyen du kw : h pour la houille seulement :

$$\frac{91,7820 - 0,7013 \times 397^{fr}}{486\,440} = 0^{fr},0743.$$

Consommation du charbon par kw : h = 1kg,872.

Prix moyen du kw : h tous frais compris, mais sans intérêts ni amortissement de la station :

$$\frac{91,7820 \times 397 + 15416,70}{486\,440} = 0^{fr},1066.$$

Charge maximale	725	kw : h
» minimale	274	»
» moyenne	550	»

Nous constatons que nous avons utilisé notre station de réserve en 1908 pendant 44 jours de moins qu'en 1907 et que le kw : h a absorbé 1kg,872 de charbon au lieu de 1kg,972 en 1907, soit une diminution de 0kg,10.

BILAN.

Immeubles, 33 655fr,23; travaux électriques, 163 603fr; usine de Noyes, 168 955fr,20; titres et actions, ce compte se trouve diminué de 1500fr.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1908.

Actif.

	fr
Concession	277 000 »
Immeubles (assurance 385 000fr)	534 333,79
Travaux d'art	515 100,68
Travaux mécaniques	222 938,38
Travaux électriques	1 654 551,83
Mobilier	18 016,95
Bureau technique	6 995,84
Usine de la Goule	22 857,57
Combustible	16 990,18
Station de réserve (assurance 228 300fr)	552 650,03
Usine des Noyes	168 955,20
Électromoteurs	8 533,90
Compteurs	19 417,85
Moteurs en location	10 343,20
Marchandises	64 839 »
Débiteurs divers	1 100 432,95
Effets à recevoir	31 393,70
Titres et actions	188 000 »
Commission d'emprunts	24 735 »
Caisse	13 842,57
	5 451 928,62

Passif.

	fr
Capital actions	2 000 000 »
Capital obligations	1 142 000 »
Créanciers divers	188 484,85
Compte d'attente	1 513,55
Provision des annuités	65 360 »
Fonds d'amortissement et de renouvellement (428 000fr + 208 000fr)	636 000 »
Fonds de réserve	108 980 »

(1) Pour essais des chaudières, du turbo, des joints, etc.

	fr
Compte d'ordre à la disposition des actionnaires	50 000 »
Fonds de retraite	14 550 »
Coupons non encaissés	1 617,30
Banque cantonale de Berne, emprunt provisoire.	1 127 428 »
Profits et pertes	115 964,92
	5 451 928,62

PROFITS ET PERTES.

Si vous admettez les différentes dotations telles que nous les avons effectuées, le compte de Profits et Pertes se présenterait de la façon suivante :

	fr
Solde d'après les livres	115 964,92
Moins solde de l'exercice 1907	1 829,22
Bénéfice net de l'exercice	114 135,70
D'après l'article 25 des statuts, nous devons d'abord prélever 10 pour 100 au fonds de réserve, pour arrondir	11 420 »
Reste	102 715,70
Il y a lieu d'ajouter le solde de 1907	1 829,22
Il reste à votre disposition	104 544,92
Nous vous proposons de répartir un dividende de 5 pour 100 au capital actions	100 000 »
Reste	4 544,92

Avis commerciaux. — RAPPORTS COMMERCIAUX DES AGENTS DIPLOMATIQUES ET CONSULAIRES DE FRANCE [1]. — N° 796. *Norvège.* — Commerce extérieur de la Norvège en 1907.

N° 797. *Possessions anglaises d'Océanie : Nouvelle-Zélande.* — Situation économique de la Nouvelle-Zélande pendant l'année 1907.

Cours officiels, à la Bourse de Londres, du cuivre « Standard » et du cuivre électrolytique. — Du 28 juin au 9 juillet 1909 ces cours ont été :

DATES.	CUIVRE « STANDARD ».	CUIVRE ÉLECTROLYTIQUE.
	£ sh d	£ sh d
28 juin 1909	59 » »	60 15 »
29 » »	58 15 »	60 10 »
30 » »	58 17 6	60 10 »
1er juillet 1909	58 18 9	60 10 »
2 » »	58 15 »	60 10 »
5 » »	59 » »	60 10 »
6 » »	58 18 9	60 5 »
7 » »	58 11 »	60 » »
8 » »	58 2 »	60 » »
9 » »	58 » »	59 15 »

NOTA. — La Bourse de Londres est fermée le samedi.

INFORMATIONS DIVERSES.

Génération. — LES FORCES HYDRAULIQUES EN ALLEMAGNE. — D'après le *Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse,* la puissance industrielle utilisée en Allemagne en 1905 était de 294 400 chevaux; à peu près à la même époque, 650 000 chevaux étaient utilisés en France, 464 000 en Italie, 380 000 en Suisse. Si l'on compare ces chiffres avec ceux indiquant la puissance disponible, on trouve que la fraction de celle-ci utilisée actuellement est de 11 pour 100 en France, 20 pour 100 en Allemagne, 25 pour 100 en Suisse. La puissance produite par les moteurs thermiques étant en Allemagne de 6 000 000 de chevaux (soit 100 chevaux par 1000 habitants) et en France de 3 200 000 chevaux (soit 84 chevaux pour 1000 habitants), on voit que la puissance empruntée aux chutes d'eau forme, en Allemagne, environ les 5 centièmes de celle demandée aux moteurs thermiques et, en France, les 20 centièmes environ.

Télégraphie et Téléphonie. — TÉLÉPHONIE A GRANDE DISTANCE. — L'*Electrical Review* annonce que deux ingénieurs suédois, MM. Egner et Holmstroem, auraient inventé un nouveau microphone permettant de correspondre à une distance double de la distance considérée actuellement comme normale. Suivant le correspondant du *Standard,* des conversations auraient été échangées avec ce système entre Stockholm et Berlin d'une manière aussi parfaite qu'entre Stockholm et Malmö. De son côté, le journal *Le Temps* annonce que des conversations auraient également été échangées entre Stockholm et Paris dans de bonnes conditions.

LES CATASTROPHES MARITIMES ET LA RADIOTÉLÉGRAPHIE. — C'est la seconde fois, depuis quelques mois, que s'est présenté le cas du sauvetage d'un navire accompli grâce à la télégraphie sans fil. D'après la *Gazette de Francfort,* le bateau à vapeur *Princess Irene* recevait, dans la nuit du 9 au 10 juin courant, des signaux de détresse lui faisant connaître que le navire *Slavonia* était échoué non loin de Flores, île appartenant au groupe des Açores. Le *Princess Irene,* qui se trouvait alors à une distance d'environ 330km du lieu du sinistre, y arriva dans l'après-midi du lendemain et procéda aussitôt au sauvetage des passagers. Peu de temps après, le vapeur *Batavia,* également averti du naufrage par les signaux de détresse, vint participer aux travaux de transbordement.

[1] Ces documents sont tenus à la disposition des adhérents qui désireraient en prendre connaissance au Secrétariat général du Syndicat des Industries électriques, 11, rue Saint-Lazare.



LAMPE "Z"

FABRICATION FRANCAISE



MESURES ÉLECTRIQUES, ENREGISTREURS ET APPAREILS DE TABLEAUX

Courants continus, courants alternatifs simples et polyphasés

NOUVEAUX MODÈLES absolument **APÉRIODIQUES** Brevetés S.G.D.G.

Pour traction électrique : électromobiles, tramways, chemins de fer



ENVOI FRANCO DU CATALOGUE

Ampèremètres, voltmètres, wattmètres.
Modèle électromagnétique à apériodicité réglable sans aimant permanent.
Modèle apériodique de précision à cadre, système d'Arsonval, Ampèremètres à shunts.
Modèle thermique sans self-induction, apériodique, à consommation réduite.
Compteur horaire, **Boîtes de contrôle, ohmmètres**, etc.

Jules RICHARD, Fondateur et Successeur de la Maison RICHARD, Frères.

25, r. Mélingue (Anc. Imp. Fessart), PARIS. Exposit. et vente : 10, r. Halévy (Opéra)

GEOFFROY & DELORE

Téléphone, 1re ligne : **503-71** — **28, rue des Chasses, à CLICHY (Seine).** — Téléphone, 2e ligne **588-84**



PARIS 1900 : GRAND PRIX

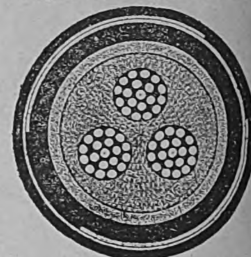
CABLES ET FILS ISOLÉS

pour toutes les applications de l'électricité

Système complet de canalisations pour courant électrique continu, alternatif triphasé, pour tensions de

30 000 VOLTS

comprenant les câbles conducteurs, les boîtes de jonction, de branchements d'abonnés, d'interruption, etc., etc.



De très importants réseaux de câbles souterrains armés de notre système fonctionnant à 30 000, 15 000, 13 500, 10 000, 5 000 volts et au-dessous sont actuellement en marche normale. Des références sont envoyées sur demande.

LAMPE "MÉTAL"

UN WATT PAR BOUGIE

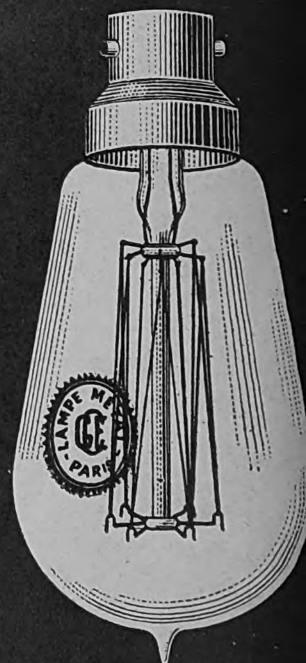
PRIX - 3 fr. — 75% d'Economie

La Lampe "MÉTAL" de 32 Bougies
consomme moins
qu'une Lampe ordinaire de 10 Bougies

Demander la Marque "MÉTAL" chez tous les Electriciens

VENTE EN GROS

Cie Gle DES LAMPES - 5, Rue Boudreau PARIS



Paris. — Imprimerie GAUTHIER-VILLARS, quai des Grands-Augustins, 55.

43751 — *Le Gérant :* GAUTHIER-VILLARS

6e Année. — TOME XII. N° 134. — 30 JUILLET 1909.

LA REVUE ÉLECTRIQUE

ORGANE

DE L'UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ

Publiée sous la direction de J. BLONDIN, Agrégé de l'Université, Rédacteur en chef,

Avec la collaboration de :

MM. Armagnat, Becker, Bourguignon, Courtois, Da Costa, Jacquin, Jumau, Goisot, J. Guillaume, Labrouste, Lamotte, Mauduit, Raveau, G. Richard, Turpain, etc.

Revue paraissant deux fois par mois.

Abonnement. Paris : 25 fr. — Départements : 27 fr. 50. — Union postale : 30 fr. — **Le Numéro** : 1 fr. 50.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,

Quai des Grands-Augustins, 55.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J. Blondin, 171, Faubourg Poissonnière, Paris (9e).

Tome XII. **N° 134. — 30 juillet 1909.**

LA REVUE ÉLECTRIQUE

CHRONIQUE.

On sait que l'arc électrique ne peut être maintenu dans une atmosphère de vapeur de mercure que si l'électrode de sortie du courant est constituée par du mercure liquide. Cette particularité de l'arc au mercure a été étudiée par divers expérimentateurs, notamment par M. Cooper Hewitt, dont les travaux ont été communiqués à la Société française de Physique et à la Société internationale des Électriciens dans une magistrale conférence de M. Maurice Leblanc, reproduite *in extenso* dans ces colonnes ([1]), et, au cours de cette conférence, M. Maurice Leblanc montrait, avec expérience à l'appui, que cette propriété pouvait être pratiquement utilisée dans la construction de redresseurs de courants alternatifs.

Les redresseurs de ce genre ont été depuis l'objet de nombreux travaux, parmi lesquels nous nous bornerons à rappeler ceux de Polak et Hahn décrits l'an dernier dans ce journal ([2]). D'autres ont été faits par M. Schulze; ceux-ci sont relatés dans une intéressante conférence, faite par M. L. Drin, sur les **soupapes électriques et le convertisseur Cooper Hewitt**, à la dernière assemblée générale du Syndicat des Usines d'Électricité, conférence qui est publiée pages 41 à 57. Outre les résultats des essais de M. Schulze, on trouvera, dans cette conférence, quelques renseignements sur la construction des convertisseurs Cooper Hewitt par la Westinghouse Electric Company Limited.

La communication de M. Murray sur les **incidents d'exploitation du New-York New-Haven Railroad** (p. 59), n'est pas, comme on pourrait le supposer d'après son titre, l'œuvre d'un adversaire de la traction monophasée. M. Murray est, en effet, ingénieur électricien de cette Compagnie de chemins de fer, et c'est lui-même qui a été chargé de réaliser l'installation dont il fait connaître les défauts. Son but, comme il le dit d'ailleurs, est d'éviter ainsi à ceux qui feront ultérieurement des installations semblables de retomber dans les mêmes erreurs. On ne saurait trop le louer de cette sincérité, fort rare dans l'industrie, où le plus souvent on cache avec grand soin les difficultées rencontrées dans la mise au point d'une installation.

Ainsi qu'on le verra, il résulte de cette communication et de la discussion qui l'a suivie que les incidents survenus aux débuts de l'exploitation des

([1]) *La Revue électrique*, t. III, 15 mai 1905, p. 271-281.
([2]) *La Revue électrique*, t. IX, 30 juin 1908, p. 465.

lignes du New-York New-Haven Railroad, équipées pour la traction monophasée, ne sont en rien imputables à ce système particulier de traction : les moteurs à collecteurs qui constituent la partie du matériel spéciale à ce système n'ont, en effet, donné lieu à aucun incident et ont fonctionné suivant les prévisions. Les incidents sont dus uniquement à des dispositifs malheureux adoptés dans les autres parties de l'installation, principalement dans les génératrices de courant et dans la construction de la ligne d'alimentation. On a pu remédier aux uns et aux autres par diverses améliorations apportées aux génératrices et à l'équipement de la ligne; pour les génératrices, il a suffi d'ajouter un enroulement amortisseur en court-circuit sur l'inducteur; pour la ligne, il a fallu doubler le fil de cuivre servant à la fois de feeder et de fil de travail par un fil d'acier utilisé comme fil de contact, le conducteur de cuivre ne servant plus alors que comme feeder. Comme le fait remarquer M. Stillwell dans la discussion, ces défauts de construction ou d'installation eussent pu être facilement évités par une étude minutieuse du projet : les constructeurs d'alternateurs ont aujourd'hui une expérience suffisante pour fournir des machines satisfaisant aux conditions les plus dures, et, d'autre part, les expériences de Zoossen et celles effectuées sur la ligne Seebach-Wettingen ont montré qu'il était possible d'obtenir une isolation satisfaisante des lignes de traction à 10000 ou 11000 volts. Mais ce défaut d'études préliminaires approfondies est un peu inhérent au caractère américain et se manifeste dans beaucoup d'autres entreprises que celles des transports : témoin le pont de Québec, qui, comme on le sait, s'est effondré en cours de montage, diverses pièces, mal calculées, s'étaient rompues alors que les deux tiers du pont étant déjà montés. En tout cas, et nous croyons devoir insister sur ce point [1], les incidents survenus aux débuts de l'exploitation du New-York New-Haven Railroad ne sauraient être imputés à l'adoption de la traction par courant monophasé, mode de traction qui semble d'ailleurs présenter sur la traction par courant continu l'avantage d'une diminution des frais de premier établissement, si l'on en juge par l'**opinion d'un ingénieur-exploitant,** M. Sidney SPRONT, qui est publiée page 60.

L'article de M. SCHNETZLER sur **l'emploi du moteur triphasé en traction** (p. 61) fait connaître les perfectionnements apportés par la Maison Brown Boveri aux moteurs des nouvelles locomotives du Simplon en vue de faciliter le réglage de la vitesse.

Les **expériences sur l'arc électrique** de M. CHÉNEVEAU (p. 63) datent, bien qu'encore inédites, d'une dizaine d'années déjà; elles montrent que, tandis que l'arc stable ne donne lieu à aucune discontinuité dans le courant d'alimentation, l'arc sifflant est accompagné de discontinuités dues à des mouvements de rotation s'effectuant avec une vitesse angulaire comprise entre 100 et 1200 tours par seconde.

L'étude comparative des lampes à filaments métalliques et à filaments de charbon, effectuée par MM. TURPAIN et NICOULEAU, confirme l'avantage économique que présente le remplacement des dernières par les premières, même lorsque, faute de disposer de lampes à filaments métalliques de faible intensité lumineuse, on augmente en même temps l'éclairement en substituant une lampe de 25 ou 32 bougies à une lampe à charbon de 16 bougies. On sait d'ailleurs que, depuis l'époque où a été faite cette étude, des lampes à filaments métalliques de 16 bougies ont été mises sur le marché par presque tous les constructeurs et que dès lors il est aujourd'hui possible d'effectuer la substitution sans augmenter la lumière produite, ce qui rend l'économie encore plus importante.

J. B.

[1] Notre collaborateur M. Blackstone, qui, dans le numéro du 30 avril, décrivait les installations du New-York New-Haven Railroad, nous signale, en effet, que dans une communication insérée dans le numéro de juin au *Bulletin de la Société internationale des Electriciens,* M. Bourdel a habilement présenté certains extraits de son article dans un sens défavorable à la traction monophasée; il nous prie de faire remarquer, en attendant qu'il revienne lui-même sur cette question, que, si dans son article il a mentionné les inconvénients généraux que présente ce mode de traction, il a eu également soin de mentionner ses avantages.

UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ.

Siège social : boulevard Haussmann, 63, Paris. — Téléph. : 276-35.

Syndicats adhérents à l'Union : SYNDICAT DES FORCES HYDRAULIQUES, DE L'ÉLECTROMÉTALLURGIE, DE L'ÉLECTROCHIMIE ET DES INDUSTRIES QUI S'Y RATTACHENT; SYNDICAT PROFESSIONNEL DES INDUSTRIES ÉLECTRIQUES; SYNDICAT PROFESSIONNEL DES INDUSTRIES ÉLECTRIQUES DU NORD DE LA FRANCE; SYNDICAT PROFESSIONNEL DE L'INDUSTRIE DU GAZ (USINES ÉLECTRIQUES DU); SYNDICAT PROFESSIONNEL DES USINES D'ÉLECTRICITÉ.

UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ.

QUATORZIÈME BULLETIN BIMENSUEL DE 1909.

Adoption d'un projet de loi relatif aux usines hydrauliques.

Dans sa deuxième séance du 16 juillet 1909, la Chambre des Députés a adopté, après déclaration d'urgence, un projet de loi relatif aux usines hydrauliques établies sur les cours d'eau et canaux du domaine public.

Un rapport supplémentaire de M. Janet, président et rapporteur de la Commission des Travaux publics, avait demandé à la Commission diverses modifications relatives aux articles 2, 6, 9, 13 et 15, de manière à introduire dans le projet de loi l'unité légale *kilowatt* au lieu du *poncelet*. (Chambre des Députés, n° 2673. *Officiel* du 17 juillet 1909.)

Voir, sur cette question, *La Revue électrique*, n°s 130 et 131 (Discours de M. Guillain, président de l'Union des Syndicats, et de M. Barthou, ministre des Travaux publics, des Postes et Télégraphes).

Extrait du procès-verbal de la séance du Comité de l'Union des Syndicats de l'Électricité du mercredi 2 juin 1909.

Présents : MM. Brylinski et Cordier, vice-présidents; Fontaine, secrétaire; de la Fontaine-Solare, secrétaire adjoint; Beauvois-Devaux, trésorier; Debray, Eschwège, Pinot, Sartiaux, Sciama, Sée, Zetter.

Absents excusés : MM. Loutan, Godinet, Henneton, Vautier.

M. Brylinski, vice-président, préside la séance en l'absence de M. Guillain.

NOMINATION D'UN VICE-PRÉSIDENT. — Conformément à l'ordre du jour, M. le Président propose de nommer un vice-président pour remplacer M. Meyer-May, démissionnaire.

Le Comité nomme par acclamation comme vice-président M. Zetter, président du Syndicat Professionnel des Industries électriques.

CORRESPONDANCE. — M. le Secrétaire donne lecture de la lettre du 2 juin du Comité électrotechnique français, relative à l'adoption d'une unité de lumière pour laquelle ce Comité a proposé le nom de *bougie internationale*.

Il est donné acte des communications du Syndicat Professionnel des Industries électriques du 7 mai 1909, désignant les délégués du Syndicat Professionnel des Industries électriques au Comité de l'Union et faisant part de la nomination du Bureau pour l'exercice 1909 de la Chambre Syndicale des Industries électriques.

UNIFICATION DES PAS DE VIS. — M. le Président rappelle dans quelles conditions un Congrès international doit se tenir incessamment à Paris pour l'unification des pas de vis dans les appareils d'utilisation du gaz, Congrès auquel nos délégués ainsi que les délégués des divers Syndicats adhérents ont été conviés.

REVISION DE L'ARRÊTÉ TECHNIQUE (loi du 15 juin 1906). — M. le Président informe le Comité que les organisations professionnelles recevront incessamment une demande officielle pour produire les observations relatives à la revision de l'arrêté technique.

Le Comité de l'Union décide que l'Union concentrera les renseignements recueillis par les divers Syndicats relativement à cette question.

CAHIER DES CHARGES POUR LES TRANSPORTS D'ÉNERGIE. — M. le Président annonce que le texte du cahier des charges type pour les transports d'énergie électrique a été adopté par la Commission des distributions d'énergie électrique.

PROJET DE LOI RELATIF AUX USINES HYDRAULIQUES ÉTABLIES SUR LE DOMAINE PUBLIC. — M. le Président confirme que ce projet de loi ne sera examiné au Parlement qu'après que le cahier des charges aura été préparé, ainsi que M. le Ministre des Travaux publics l'a annoncé dans le dernier banquet de l'Union.

ACHAT EN COMMUN DES LAMPES A INCANDESCENCE. — M. le Secrétaire rend compte de l'état d'avancement des travaux de la Commission pour l'achat en commun des lampes à incandescence.

COMMISSION POUR L'ÉTUDE DU RÈGLEMENT SUR LES INSTALLATIONS INTÉRIEURES. — M. le Président indique au Comité que les membres de cette Commission sont maintenant au complet. Il demande au Comité de vouloir bien désigner un président qui dirigera les travaux.

A cette demande, le Comité désigne à l'unanimité M. Marcel Meyer, vice-président du Syndicat Professionnel des Industries électriques, comme président des travaux de la Commission chargée de l'étude du règlement sur les installations intérieures.

PROJET DE CAHIER DES CHARGES POUR CABLES A HAUTE TENSION. — M. Eschwège indique que les rapporteurs désignés par les Syndicats doivent terminer incessamment leur étude.

Projet d'instructions pour la réception des machines et transformateurs électriques. — M. Eschwège indique que ce projet est presque terminé.

Compteurs types. — M. le Président indique que la Commission chargée des travaux préparatoires pour le règlement relatif aux types de compteurs d'énergie électrique (art. 16 du cahier des charges type du 17 mai 1908) ayant terminé sa mission, l'arrêté ministériel paraîtra.

Contrôle des installations électriques. — M. le Président informe le Comité de l'Union qu'il a été avisé de la création et de l'organisation d'un service pour l'étude et le contrôle des installations électriques, force et lumière, sous les auspices de l'Association des Industriels de France contre les accidents du travail, dans la région de Reims.

SYNDICAT PROFESSIONNEL DES INDUSTRIES ÉLECTRIQUES.

Siège social : rue Saint-Lazare, 11.

Téléphone : **238-60**.

Quatorzième Bulletin bimensuel de 1909.

Sommaire : Extrait du procès-verbal de la séance de la Chambre Syndicale, le 6 juillet 1909, p. 44. — Bibliographie, p. 46. — Liste des documents publiés dans le *Bulletin* à l'intention des membres du Syndicat, p. 46. — Offre et demandes d'emplois, *voir* aux annonces, p. xv.

Extrait du procès-verbal de la séance de la Chambre Syndicale, le 6 juillet 1909.

Présidence de M. C. Zetter.

La séance est ouverte à $2^h 20^m$.

Sont présents : MM. Chateau, Eschwège, Gaudet, Grosselin, Guittard, Harlé, Hillairet, Larnaude, Legouëz, M. Meyer, Minvielle, Roche-Grandjean, Sciama, Ch. Tournaire, Zetter et M. de la Fontaine-Solare, secrétaire général du Syndicat.

Se sont excusés : MM. Bancelin, Ducretet, de La Ville Le Roulx, Meyer-May, Routin, Saglio, E. Sartiaux, Sauvage, Tourtay.

— Les procès-verbaux des séances des 4 mai et 1er juin 1909, parus dans *La Revue électrique* des 30 mai et 30 juin, sont adoptés.

Nécrologie. — La Chambre Syndicale adresse l'expression de ses condoléances les plus sincères à la famille de M. Eugène-Adolphe Lantrac, président du Conseil d'administration de la Compagnie des tréfileries et laminoirs du Havre, décédé le 27 juin.

Admission. — *M. Charliat* (Alexandre), (I. ✿, O. ✠, ✻), ingénieur des Arts et Manufactures, directeur de l'École pratique d'Électricité industrielle, est admis dans le Syndicat, au titre d'adhérent en nom personnel, sur la présentation de MM. E. Sartiaux et C. Zetter.

Démission. — La Chambre Syndicale accepte avec regrets la démission de M. Charles de Tavernier.

Correspondance. — La Chambre Syndicale reçoit communication de la correspondance suivante :

— Lettre de l'Office national du Commerce extérieur qui signale à l'attention des membres du Syndicat un projet de dérivation des sources du Volturno et de transport de force à Naples. (*Une information à ce sujet a été publiée dans* La Revue électrique *du 15 juillet.*)

— Lettre du Syndicat Professionnel des Usines d'Électricité, qui donne la composition de son Bureau pour l'exercice 1909 :

Président : M. Brylinski.

Vice-Présidents : MM. Berthelot, Brachet, Cordier, Tainturier.

Secrétaire général : M. E. Fontaine.

Secrétaire adjoint : M. Chaussenot.

Trésorier : M. Beauvois-Devaux.

— Lettre du Syndicat Professionnel de l'Industrie du Gaz, qui donne la composition de sa Chambre syndicale pour l'exercice 1909 :

Président : M. Piaton.

Vice-Présidents : MM. Delebecque, Marquisan, Masse.

Secrétaires : MM. L. Foucart, Frère.

Trésorier : M. Deleury.

— Lettre du Secrétariat général de l'Exposition internationale des Applications de l'Électricité, Marseille 1908, qui remet, pour la bibliothèque du Syndicat, un exemplaire des comptes rendus du Congrès international des Applications de l'Électricité.

— Lettre de remercîments de la Fédération générale française professionnelle des mécaniciens-chauffeurs-électriciens des chemins de fer et de l'industrie à l'occasion de la subvention qui lui a été accordée en faveur de ses cours d'électricité.

Union des Industries métallurgiques et minières. — L'Union des Industries métallurgiques et minières a publié les documents suivants qui ont été remis aux membres de la Chambre Syndicale :

N° 407. — Questions sociales et ouvrières. Revue du mois.

N° 408. — Impôt sur le revenu. Texte du projet de loi adopté par la Chambre des Députés, le 9 mars 1909.

N° 409. — Conseils consultatifs du travail. Décret du 10 mai 1909 portant règlement d'administration publique pour l'exécution de la loi du 17 juillet 1908.

N° 410. — Questions sociales et ouvrières. Revue du mois.

Affaires diverses. — L'Association française pour la protection de la propriété industrielle doit tenir, cette année, à Nancy, à l'occasion de l'Exposition internationale de l'est de la France, un Congrès dont le programme comporte l'étude des propositions de réforme de la législation des brevets et spécialement du projet de loi déposé par le Gouvernement pour la refonte de la loi de 1844, ainsi que des dispositions du projet de loi sur les dessins et modèles actuellement voté par la Chambre et pendant devant le Sénat.

M. Legouëz veut bien se charger de faire suivre les travaux de ce Congrès et d'en rendre compte à la Chambre Syndicale.

— L'Association française pour la protection de la propriété industrielle a entrepris une étude relative à la modification éventuelle de l'article 15 du tarif des

douanes (sur les indications que doivent porter les marchandises importées) et à l'utilité qu'il y aurait pour le commerce français à ce que les marchandises réellement fabriquées en France portassent l'indication de la fabrication en France.

L'Association sollicite à ce propos l'avis du Syndicat.

La Chambre Syndicale décide de joindre l'examen de ces questions à l'étude de la réforme douanière actuellement poursuivie.

UNIFICATION INTERNATIONALE DES PAS DE VIS DANS LES APPAREILS D'UTILISATION DU GAZ. — M. Zetter rend compte des réunions tenues, à Paris, en juin dernier, par la Commission de l'unification internationale des pas de vis dans les appareils d'utilisation du gaz. Il rappelle que, dans sa séance du 4 mai 1909, la Chambre Syndicale, sur la proposition de M. Meyer-May, l'avait désigné pour représenter le Syndicat dans cette Commission.

La Commission a reconnu la nécessité de substituer au profil international, adopté lors de la première session, un nouveau profil à angles non tronqués.

Dès lors il n'était plus intéressant de chercher à se rapprocher du système international.

La Commission a donc jeté les bases d'un projet envisageant des filetages spéciaux propres à leur utilisation dans les appareils à gaz.

Les procès-verbaux des séances de la Commission seront ultérieurement communiqués à la Chambre Syndicale.

SECTIONS PROFESSIONNELLES. — *Première section. — Prescriptions normales pour la fourniture et la réception des machines et transformateurs électriques.* — M. Legouëz, président de la Section, soumet à la Chambre Syndicale le texte des prescriptions élaborées par la Commission intersyndicale comprenant les représentants des constructeurs et des usines. Il donne lecture des vœux émis par la première Section relativement aux modifications à apporter à ce texte.

Après une longue discussion à laquelle prennent part MM. Eschwège, Gaudet, Guittard, Harlé, Hillairet, Legouëz, Roche-Grandjean, Sciama, la Chambre Syndicale reconnaît à l'unanimité qu'une entente sur cette question entre le Syndicat des Usines d'Électricité et le Syndicat des Industries électriques est très désirable.

Elle pense que, pour arriver à cette entente, il y a lieu de renvoyer les vœux émis par la première Section à la Commission intersyndicale dans laquelle chacun des Syndicats des Industries électriques et des Usines d'Électricité enverrait un cinquième délégué.

Elle désigne M. Hillairet pour le Syndicat des Industries électriques et demande à son président d'insister auprès du Syndicat des Usines d'Électricité pour obtenir, de ce côté, la désignation de M. Brylinski.

Troisième section. — Cahiers des charges pour câbles sous plomb armés. — M. Grosselin, président de la Section, expose qu'après la nouvelle discussion qu'il a eue avec M. Tainturier, du Syndicat des Usines d'Électricité, le désaccord subsiste encore sur la question de réfection des travaux de voirie après un accident survenu à un câble reconnu défectueux.

Avant de proposer à la Chambre une décision définitive, M. Grosselin tient à consulter encore une fois les fabricants intéressés.

Quatrième section. — Tableaux d'abonnés pour réseaux à batterie centrale. — M. Zetter fait connaître que la plupart des constructeurs d'appareils téléphoniques ont reçu de l'Administration des Postes et des Télégraphes le règlement définitif relatif à l'établissement des tableaux d'abonnés pour réseaux à batterie centrale.

Dans la lettre d'envoi de ce règlement figure la phrase suivante : « Il a été tenu le plus grand compte » pour l'établissement de ce règlement des remarques » et des desiderata formulés par divers constructeurs et » notamment par le Syndicat Professionnel des Indus- » tries électriques ».

M. Zetter est heureux de signaler cette reconnaissance officielle de l'intervention efficace du Syndicat en cette occasion.

Au nom de la Chambre Syndicale, il remercie M. Meyer-May du dévouement avec lequel il s'est occupé de cette question au nom des constructeurs d'appareils téléphoniques.

Sixième section. — Règlement sur les installations électriques à l'intérieur des immeubles. — M. M. Meyer, président de la Commission intersyndicale chargée de l'établissement de nouvelles instructions pour les installations intérieures, rend compte des premiers travaux de cette Commission.

Les nouvelles instructions s'inspireront du règlement municipal et le compléteront de façon suffisamment précise, de manière à éviter toutes contestations, au moment des réceptions des installations, entre les exploitants chargés de ces réceptions et les installateurs.

Septième section. — Revision de l'arrêté du 21 mars 1908 déterminant les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les distributions d'énergie électriques. — M. le Président donne lecture d'une lettre de M. le Ministre des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes en date du 11 juin 1909 relativement à la revision de l'arrêté du 21 mars 1908, déterminant les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les distributions d'énergie électrique.

Cette revision doit avoir lieu au cours de l'année 1909 de manière que le nouvel arrêté puisse être rendu applicable à partir du 1er janvier 1910.

M. le Ministre demande au Syndicat de lui faire connaître les observations auxquelles l'application de cet arrêté a pu donner lieu de sa part et l'invite à formuler, le cas échéant, les dispositions qu'il paraîtrait utile d'introduire dans le règlement à intervenir.

Il attire particulièrement son attention sur les accidents d'électrolyse qui se produisent dans certaines installations de traction avec retour du courant par les rails.

M. le Président fait connaître, en outre, que le Comité de l'Union des Syndicats de l'Électricité a été chargé de concentrer les observations des divers Syndicats et préparer un travail d'ensemble pour M. le Ministre des Travaux publics.

Sur la proposition de la septième Section, la Chambre Syndicale décide de s'en rapporter aux avis qui seront émis à ce sujet par le Comité de l'Union des Syndicats

2.

de l'Électricité sur la demande des Syndicats représentant les distributions d'énergie et les exploitations de chemins de fer et tramways.

Questions douanières. — M. le Président rappelle que les revendications actuelles du Syndicat portent surtout sur des questions de texte et sont relatives aux feuillards pour câbles (art. 210), aux pièces en porcelaine pour l'électricité (art. 347 *bis*), aux appareils scientifiques (art. 634), enfin aux appareils de mesure (art. 634 *ter*).

Il donne connaissance des nouvelles démarches faites à ce sujet au nom du Syndicat, et des derniers renseignements qui viennent de lui être fournis par M. Meyer-May.

Question financière. — Conformément aux dispositions arrêtées au cours de la séance du 12 décembre 1905, la Chambre Syndicale donne tous pouvoirs à MM. Zetter et Larnaude pour faire fonctionner les comptes du Syndicat au Crédit Lyonnais.

En cas d'empêchement de l'un deux, M. Legouëz, premier vice-président, le suppléera. Les pouvoirs lui sont donnés dès maintenant à cet effet.

Désignation d'un membre de la Chambre Syndicale. — Conformément à l'article 12 des statuts, la Chambre Syndicale doit pourvoir d'office au remplacement de M. de Tavernier, démissionnaire, dont la place est devenue vacante. Elle doit choisir le remplaçant dans la septième Section dont la représentation se trouve ainsi diminuée.

M. le Président donne lecture d'une lettre de M. Meyer-May qui recommande la candidature de M. Portevin; il indique qu'il avait lui-même l'intention de proposer M. Portevin aux suffrages de ses collègues pour représenter dans la Chambre les ingénieurs de province et l'enseignement professionnel de l'électricité.

A l'unanimité, ***M. Portevin*** est nommé membre de la Chambre Syndicale. Il devra toutefois être confirmé dans ses fonctions par les suffrages de la septième Section, lors des élections de 1910 pour le renouvellement partiel de la Chambre.

Changement de siège social. — M. le Président rend compte des premiers pourparlers engagés à ce sujet et explique les raisons pour lesquelles la Commission spéciale ne croit pas devoir, pour le moment, proposer à la Chambre Syndicale d'y donner une suite favorable.

La Chambre se range à l'avis de son Président.

L'ordre du jour étant épuisé, la séance est levée à $4^{h}35^{m}$.

Le Président, C. Zetter. *Le Secrétaire général,* de la Fontaine-Solare.

Bibliographie.

MM. les membres adhérents peuvent se procurer au Secrétariat général :

1° Les statuts du Syndicat;

2° Les annuaires du Syndicat;

3° La collection complète des Bulletins;

4° Les numéros séparés dont ils auraient besoin pour compléter leur collection;

5° Les instructions concernant les conditions d'établissement des installations électriques dans l'intérieur des maisons;

6° Les instructions générales pour la fourniture et la réception des machines et transformateurs électriques;

7° La série de prix des travaux d'électricité établie par le groupe des Chambres syndicales du bâtiment et des industries diverses et le Syndicat Professionnel des Industries électriques (édition de 1907);

8° Le Rapport de M. Guieysse sur les retraites ouvrières;

9° Les affiches dont l'apposition est prescrite par les lois réglementant le travail (voir *Bulletin* de juin 1905);

10° Les affiches « Dangers de l'alcoolisme » et « Conseils pour éviter la tuberculose »;

11° L'affiche indiquant les secours en cas d'accidents dus aux conducteurs d'énergie électrique;

12° La loi du 15 juin 1906 sur les distributions d'énergie; les décrets, arrêtés et circulaires relatifs à l'application de cette loi;

13° La convention pour la concession de la distribution de l'énergie électrique dans Paris.

Liste des documents publiés dans le présent Bulletin à l'intention des membres du Syndicat Professionnel des Industries électriques.

Avis commerciaux. — Rapports commerciaux des agents diplomatiques et consulaires de France, p. 80. — Tableau des cours du cuivre, p. 80.

SYNDICAT PROFESSIONNEL DES USINES D'ÉLECTRICITÉ.

Siège social : rue Tronchet, 27, Paris.
Téléphone : 225-92.

Quatorzième Bulletin bimensuel de 1909.

Extrait du procès-verbal de la séance de la Commission Technique du 12 juin 1909.

Présents : M. Brylinski, président du Syndicat, présidant la séance; Fontaine, secrétaire général; MM. Bitouzet, Cousin, Daguerre, Della Riccia, Moret, Nicolini, Renou, Roux, Schlumberger, Tainturier.

Absents excusés : MM. Eschwège, président de la Commission, et Paré.

Note sur l'emploi des réducteurs de tension. — La Note est adoptée par la Commission et sera soumise à la prochaine séance de la Chambre Syndicale.

Rapport de M. Izart sur le contrôle et l'amélioration du rendement dans les stations centrales électriques. — Ce rapport a été déposé sur le bureau de la Commission. M. le Président demande qu'il soit reproduit et envoyé à chaque membre de la Commission, afin qu'il puisse être examiné en séance.

Compteurs. — M. Fontaine donne lecture de l'arrêté de M. le Ministre des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes, en date du 2 juin, paru à l'*Officiel* du 3 juin, arrêté fixant les conditions d'approbation

des types de compteurs d'énergie électrique en application de l'article 16 du cahier des charges type des distributions publiques d'énergie électrique.

La Commission prend acte de cette réglementation.

M. le Président indique qu'un rapport publié par la Commission des Services publics à New-York constate que, sur 31 155 compteurs à gaz vérifiés par ses inspecteurs, il en a été reconnu exacts 44.

CAHIER DES CHARGES POUR CABLES A HAUTE TENSION. — M. Tainturier rend compte des diverses modifications qui ont été demandées par M. Grosselin sur le cahier des charges relatif aux câbles sous plomb armé. Toutes les modifications demandées par le Syndicat Professionnel des Industries électriques sont approuvées par la Commmission, sauf une qui sera soumise à la Chambre Syndicale.

M. Roux communique à la Commission la Table moyenne des coefficients diviseurs pour ramener à 10° C. l'isolement d'un câble isolé au papier imprégné. Cette Table sera mentionnée dans la publication du cahier des charges pour câbles à haute tension.

REVISION DE L'ARRÊTÉ TECHNIQUE. — La Commission demande qu'en ce qui concerne les passages inférieurs des voies ferrées, en cas de câbles souterrains, les prescriptions ne s'appliquent pas.

Certains précédents peuvent être invoqués à ce sujet, ainsi qu'il en sera justifié ultérieurement.

POSTES DE TRANSFORMATEURS. — La Commission décide que M. Bitouzet en sera chargé complètement.

COMPARAISON ENTRE LES CONVERTISSEURS ET LES COMMUTATRICES. — Sur cette question dont M. Moret a été chargé, il a été convenu que M. Eschwège ferait une démarche pour que la Commission puisse faire état des travaux déjà établis à Paris à ce sujet.

FUSIBLES. — M. Roux indique qu'il pourra soumettre ses travaux à la Commission à la rentrée. Il indique également qu'il a reçu dernièrement les conditions d'un concours de l'Association des accidents du travail en Italie pour prévenir les accidents entre primaires et secondaires. M. Roux doit communiquer au Secrétariat des données à ce sujet.

M. Roux indique également une circonstance particulière par laquelle l'application d'un appareil Neu s'est trouvée insuffisante par suite du doublement d'une ligne; il s'est opéré une sorte de mise en parallèle et, par suite du défaut de dissymétrie dans les lignes, l'appareil n'a pas fonctionné et a été grillé.

BIBLIOGRAPHIE. — M. le Secrétaire communique à la Commission le compte rendu des réunions tenues à Londres en 1908 par la Commission électrotechnique internationale.

Liste des nouveaux adhérents depuis le 15 juillet 1909.

Membres actifs.

MM.

BOUCHEROT (Claude), Administrateur délégué des Usines à Gaz, Eau et Électricité, rue Buffon, Semur-en-Auxois (Côte-d'Or), présenté par MM. Brylinski et E. Fontaine.

CELLE (André), Industriel, Brives-Charensac, près Le Puy (Haute-Loire), présenté par MM. Brylinski et E. Fontaine.

Membres correspondants.

M.

KEPPEL (Pierre-Eugène), Chef monteur électricien, Belmont-Chavanoz (Isère), présenté par MM. Brylinski et E. Fontaine.

Usines.

Société anonyme d'exploitation des Usines à Gaz, Eau et Électricité, rue Buffon, Semur-en-Auxois (Côte-d'Or).

Société d'éclairage et de force de Vougeot (Côte-d'Or).

Usine électrique de Monistrol-d'Allier (Haute-Loire).

Compte rendu bibliographique.

Il sera fait mention de tous les Ouvrages d'intérêt général relatifs aux Associations comme aussi de tous les Livres techniques utiles pour les applications du courant électrique, dont on fera parvenir deux exemplaires au Syndicat Professionnel des Usines d'Électricité.

Bibliographie.

21° Renseignements et avis pour la Commission préfectorale chargée d'étudier le régime futur de l'électricité à Paris.

22° Procès-verbal de la séance du 24 octobre 1904 de la Commission d'organisation du régime futur de l'électricité à Paris.

23° Rapport de M. Ch. Prevet, sénateur, fait au nom de la Commission chargée d'examiner le projet de loi, adopté par la Chambre des Députés, tendant à autoriser la Ville de Paris à emprunter une somme de 120 millions et à organiser le service du gaz.

24° Proposition de loi présentée par M. Janet sur les distributions d'énergie.

25° Étude présentée par M. Lauriol, ingénieur en chef des services généraux d'éclairage, à la Sous-Commission du régime futur de l'Électricité à Paris, en date du 26 novembre 1904.

26° Note de M. Blondel, du 12 décembre 1904, et Note de la maison Brown-Boveri pour la Commission du régime futur de l'électricité à Paris.

27° Rejet par le Sénat de la régie du gaz à Paris (séances des 21 et 23 février 1905).

28° Loi du 9 avril 1898, modifiée le 31 mars 1905, concernant la responsabilité des accidents dont les ouvriers sont victimes dans leur travail.

(*Adresser les commandes à M. le Secrétaire général.*)

Liste des documents publiés dans le Bulletin à l'intention des membres du Syndicat Professionnel des Usines d'Électricité.

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

REDRESSEURS DE COURANT.

Les soupapes électriques et le convertisseur Cooper-Hewitt (Communication faite à l'assemblée générale des Syndicats des Usines d'Électricité). — La facilité avec laquelle on produit le courant alternatif et la possibilité d'obtenir de très hautes tensions au moyen des transformateurs ont rendu possible le transport de la puissance électrique à de très grandes distances.

La supériorité du courant alternatif n'est plus contestée lorsqu'il s'agit de l'alimentation des lampes et des moteurs, mais dans d'autres opérations importantes comme dans la traction électrique, la charge des accumulateurs et la galvanoplastie, il est absolument indispensable de recourir au courant continu, et de disposer par suite de moyens propres à redresser les courants alternatifs.

On peut diviser en cinq catégories les machines qui servent à redresser les courants alternatifs, ce sont : 1° les moteurs générateurs; 2° les commutatrices; 3° les permutatrices; 4° les soupapes électrolytiques; 5° les convertisseurs Cooper-Hewitt à vapeur de mercure.

Les trois premières catégories de machines utilisent les phénomènes d'induction; elles comportent toujours des pièces en mouvement rotatif; les appareils des deux dernières catégories, au contraire, sont des appareils statiques.

Les moteurs générateurs sont constitués par la réunion sur le même arbre de deux machines, l'une recevant le courant sous la forme alternative, l'autre le restituant sous la forme continue, la première des machines entraînant la seconde dans son mouvement.

On emploie généralement les moteurs générateurs pour l'éclairage, parce qu'ils permettent de s'affranchir en partie des fluctuations de la tension du réseau. Dans la majorité des cas la réceptrice reçoit le courant à haute tension sans l'interposition de transformateurs statiques.

Les commutatrices sont particulièrement employées dans la traction électrique.

Uue commutatrice n'est autre chose qu'une dynamo à courant continu dans laquelle on a ménagé une série de prises de courant communiquant avec des bagues convenablement disposées, mises elle-même en relation avec le réseau alternatif. Il y a un rapport constant entre la tension alternative et la tension continue, ce qui oblige à abaisser la tension du courant alternatif avant de l'envoyer dans la commutatrice.

Les commutatrices ont un fonctionnement bien régulier, mais on ne peut guère les établir que pour des puissances supérieures à 3 kilowatts. Elles exigent une mise en phase qui est une opération un peu délicate qu'on ne peut confier à une personne inexpérimentée.

Dans les permutatrices de M. Rougé, la commutation s'opère par la rotation des balais. L'induit et les inducteurs sont fixes. Il y a comme pour les commutatrices un rapport constant entre la tension alternative et la tension continue.

Les permutatrices se synchronisent plus facilement et plus rapidement que les commutatrices. C'est là leur principal avantage.

Les convertisseurs et les commutatrices sont des appareils coûteux et encombrants qui nécessitent une surveillance délicate, ils sont donc peu accessibles à la petite industrie; enfin, avec de faibles puissances, ils sont trop peu économiques pour pouvoir être utilisés à la charge des accumulateurs d'automobiles; aussi les soupapes ou clapets électrolytiques paraissent devoir rendre de très grands services dans ces cas particuliers.

Nous nous occuperons plus particulièrement dans ce qui va suivre des soupapes électrolytiques et des convertisseurs.

Premiers essais. — En 1857, Buff constata que si l'on prend un voltamètre contenant un électrolyte, dans lequel plongent une lame d'aluminium et une autre lame métallique inattaquable, comme une lame de plomb ou de platine, on observe qu'un courant, allant de ce dernier métal à l'aluminium, traverse l'appareil sans affaiblissement, tandis qu'un courant dirigé dans l'autre sens ne peut le traverser que si la force électromotrice dont on dispose est supérieure à une vingtaine de volts.

L'appareil laisse alors passer le courant quand l'aluminium est cathode et l'arrête quand l'aluminium est anode; il fonctionne donc à la manière d'un clapet disposé sur une conduite d'eau, d'où le nom de *clapet* ou *soupape électrolytique* qui lui a été donné.

De leur côté MM. Jamin et Maneuvrier ont obtenu, dès l'année 1882, le redressement du courant alternatif par un autre procédé. Ils constatèrent, en effet, que le courant électrique passe plus facilement à travers l'arc, lorsqu'il va du gros charbon au petit, ou d'une tige de cuivre à la surface d'un bain de mercure.

Un peu plus tard Nichols découvrit que si l'on règle convenablement la distance entre une boule de platine et une pointe de laiton et qu'on relie la boule et la pointe aux bornes d'une source alternative, l'arc jaillit de la boule vers la pointe pendant une demi-période, c'est-à-dire tant que le courant circule dans un sens déterminé, mais qu'il s'éteint lorsque le courant change de sens au commencement de la période suivante.

On obtient un résultat analogue en faisant jaillir l'arc entre deux métaux différents dont l'un a été choisi convenablement. Un grand nombre de métaux en effet ont tendance à souffler l'arc dès que l'onde alternative change de sens. Le zinc, le cadmium possèdent cette qualité à un degré considérable : c'est pourquoi on les utilise dans la confection des parafoudres. Cette propriété d'éteindre l'arc semble due à l'apparition soudaine, à la surface de la cathode, d'une sorte de pellicule qui se forme extrêmement rapidement. Cette

résistance passive augmente beaucoup lorsque l'arc jaillit dans le vide, mais elle cesse totalement dès que l'arc a été amorcé. En d'autres termes on peut assimiler cette résistance à celle d'une pellicule exclusivement mauvaise conductrice qui serait brisée par une étincelle disruptive.

Soupape Pollak. — La soupape Pollak est formée de quatre lames de plomb et de trois lames d'aluminium, disposées parallèlement dans un vase de verre, rempli

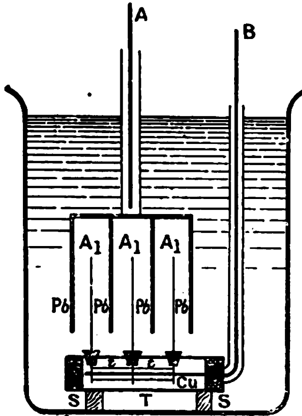


Fig. 1. — Soupape Pollak.

d'une solution légèrement acide de phosphate de potassium. Les lames de plomb, un peu plus larges et plus hautes que les lames d'aluminium, sont reliées à une traverse de plomb, qui est en communication avec la prise de courant A (*fig.* 1). Les lames d'aluminium sont prolongées à leur partie inférieure, par des queues qui traversent un tube d'ébonite T et qui viennent se fixer au moyen de boulons à une tige en cuivre Cu, mise elle-même en communication avec la deuxième prise de courant B. Des tubes de caoutchouc et des bouchons de même matière empêchent tout contact entre le cuivre et l'électrolyte. L'ensemble repose sur le fond du vase au moyen de supports en plomb S. On maintient l'appareil à une température inférieure à 40° en disposant dans le bain électrolytique un serpentin parcouru par un courant d'eau froide, ou plus simplement en prenant un vase assez profond pour que la hauteur de la colonne liquide soit d'environ trois fois celle des plaques.

Lorsque l'appareil que nous venons de décrire est relié aux bornes d'un alternateur, il absorbe, sous forme de chaleur, la moitié des pulsations alternatives, de façon à ne laisser subsister dans son circuit qu'un courant ondulé toujours de même sens, qui n'est pas à proprement parler un courant continu, mais qui peut néanmoins servir à charger une batterie d'accumulateurs.

Si l'on veut éviter toute perte d'énergie et utiliser successivement les deux demi-ondes alternatives, il convient d'employer le montage à quatre soupapes, disposées en pont de Wheatstone, comme l'indique la figure 2. C'est ainsi que sont disposés les éléments de la soupape Nodon.

Un élément de soupape Nodon est formée (*fig.* 3) :

1° D'un tube en fer perforé et fermé à sa partie inférieure par un bouchon isolant; ce tube est muni d'une prise de courant C;

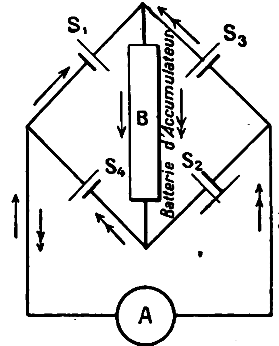


Fig. 2. — Montage des soupapes en pont de Wheatstone.

2° D'un cylindre A formé d'un alliage de zinc et d'aluminium.

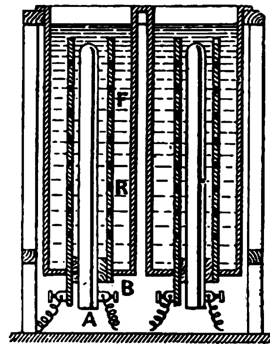


Fig. 3. — Soupape Nodon.

Ce cylindre pénètre dans le bouchon et est concentrique au tube F, il est muni d'une prise de courant B. Le tout est introduit dans un récipient cylindrique R, renfermant une solution saturée de phosphate d'ammonium.

Les actions électrolytiques qui se produisent sont les suivantes : lorque le courant arrive, sens positif de A vers F, il se forme instantanément une pellicule de phosphate d'aluminium et de zinc, d'alumine et d'oxyde de zinc à la surface de A; cette pellicule, présentant une résistance très grande, s'oppose au passage du courant.

Au contraire si le courant arrive, sens positif de F vers A, il y a réduction de la pellicule et le courant circule librement.

Ces phénomènes se passent simultanément dans les soupapes S_1 et S_2, puis dans les soupapes S_3 et S_4 (*fig.* 2), la batterie B étant toujours parcourue par un courant de même sens.

On reproche aux soupapes électrolytiques la diminution de rendement par l'élévation de température de l'électrolyte.

Les transformateurs électrolytiques ont en effet l'inconvénient de s'échauffer assez rapidement et, après quelques heures de marche, le rendement de ces appa-

reils tombe, de ce fait, à une valeur tout à fait inadmissible.

On remédie en partie à l'échauffement en créant une circulation automatique à l'intérieur de l'électrolyte. C'est ainsi qu'est établie la soupape de Faria (*fig.* 4).

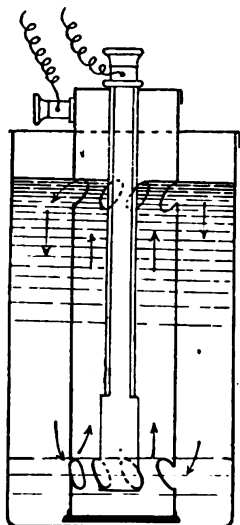


Fig. 4. — Soupape de Faria à circulation automatique.

Dans cet appareil l'électrode circulaire extérieure est percée à sa partie supérieure et à sa partie inférieure de fentes. Le liquide, au fur et à mesure qu'il s'échauffe, vient se refroidir à la partie supérieure du vase, en créant à l'intérieur du liquide une circulation continue.

Les soupapes électrolytiques sont assez difficiles à entretenir et il faut changer les électrodes assez souvent. C'est pour cette raison que leur emploi ne s'est pas généralisé. Elles peuvent cependant rendre de très grands services particulièrement lorsqu'il s'agit de produire une force électromotrice de quelques volts et une faible intensité, parce que, dans ces cas particuliers, le convertisseur à mercure, dont nous parlerons tout à l'heure, n'a qu'un faible rendement et que les appareils de transformation sont trop onéreux.

Lorsqu'on utilise les soupapes électrolytiques pour de faibles tensions continues, il faut, bien entendu, employer concurremment un transformateur statique pour abaisser au préalable la tension du réseau.

Convertisseur a mercure. — Le convertisseur à mercure est fondé sur le principe de la résistance cathodique d'une surface mercurielle. C'est en poursuivant ses études sur la lampe à mercure que M. Cooper-Hewitt a été amené à établir le convertisseur qui porte son nom.

On sait qu'une lampe à mercure ne peut fonctionner que si l'on connecte l'électrode en mercure au pôle négatif de la distribution. Si donc on juxtapose deux sources alternatives de façon à réaliser cette condition à l'intérieur d'une ampoule, celle-ci fonctionne comme soupape électrique pour les deux demi-ondes successives, et l'on obtient à la sortie du convertisseur du courant continu.

On réalise les deux sources alternatives successives en prenant un transformateur de construction spéciale dont l'enroulement secondaire comporte un point neutre. Ce point neutre N (*fig.* 5) divise le transformateur

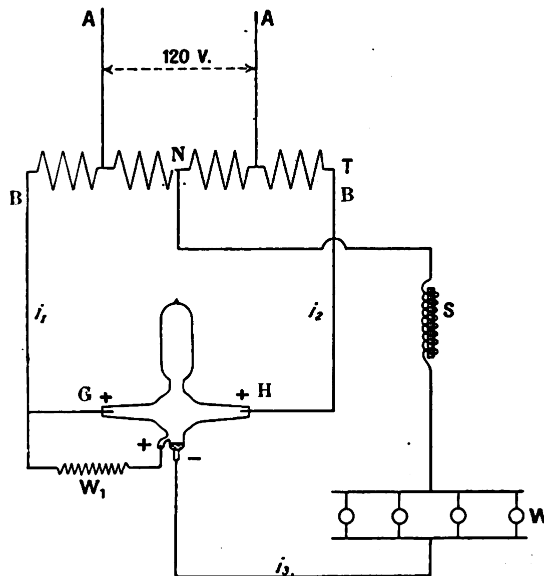


Fig. 5.

en deux parties, d'où le nom de *diviseur de tension*. Chacune des parties de ce transformateur travaille alternativement pendant les deux demi-périodes successives.

Le point neutre N du diviseur est connecté à la barre négative de la distribution, tandis que l'électrode en mercure est connectée à la barre positive du circuit d'utilisation. Les deux électrodes positives du convertisseur sont réunies aux bornes du diviseur B et B.

Un simple coup d'œil sur le schéma ci-contre démontre que le courant passe successivement par les électrodes G et H et qu'à la sortie du convertisseur il se trouve redressé. Les ondulations du courant sont atténuées par une bobine de self S qui maintient aussi le convertisseur allumé en empêchant le courant de descendre au-dessous d'un minimum déterminé.

Le convertisseur comprend normalement :

1° Une ampoule de cristal (*fig.* 6) renfermant une petite quantité de mercure liquide. Cette ampoule est complètement vide d'air. Elle porte deux électrodes positives en carbone et une électrode négative en mercure. Une électrode auxiliaire, également en mercure, est placée à côté de la précédente et sert à l'allumage du convertisseur.

Le courant est conduit aux électrodes par des fils de platine traversant le cristal.

2° Le diviseur de tension.

3° Une carcasse en fer qui supporte le diviseur de tension et un tableau de marbre sur lequel sont disposés l'ampoule, l'appareillage pour la mise en marche

et, dans certains cas, les appareils de contrôle et de mesure qui peuvent être utiles pour la surveillance et le fonctionnement du convertisseur.

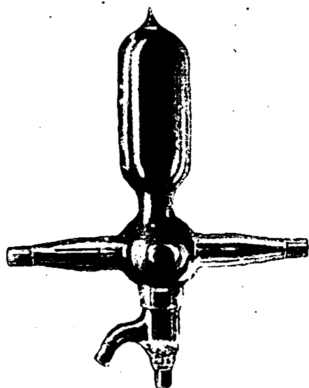


Fig. 6. — Ampoule du convertisseur de 3 à 5 ampères.

Le tout forme un ensemble absolument complet, très facilement transportable, qu'on peut placer sur une table ou sceller contre un mur (*fig.* 7 et 8).

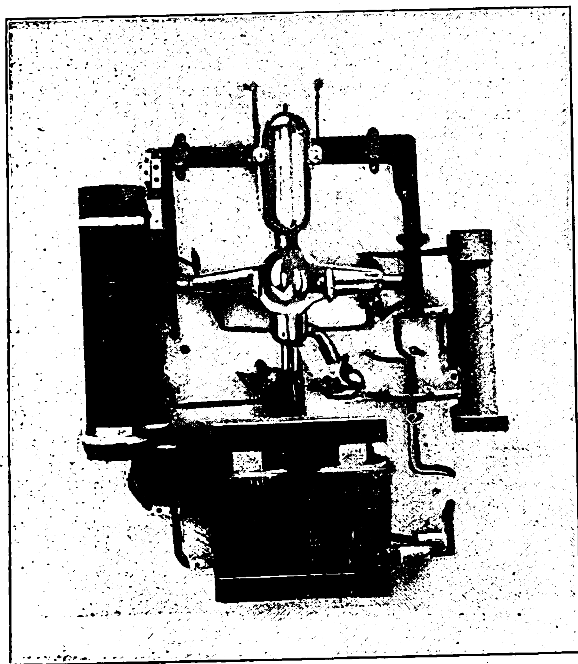


Fig. 7. — Tableau de convertisseur de 10 ampères, vue arrière avec ampoule, diviseur de tension, bobine de self et résistance d'amorçage.

Les deux électrodes positives sont faites en fer, en graphite ou en tout autre métal ne s'amalgamant pas avec le mercure. Le graphite est le plus généralement employé. L'ampoule porte à la base deux tétines remplies de mercure. La plus grande de ces tétines sert d'électrode négative; la plus petite sert seulement à la mise en marche du convertisseur. A cet effet, elle est branchée à la tétine positive voisine avec interposition d'une résistance.

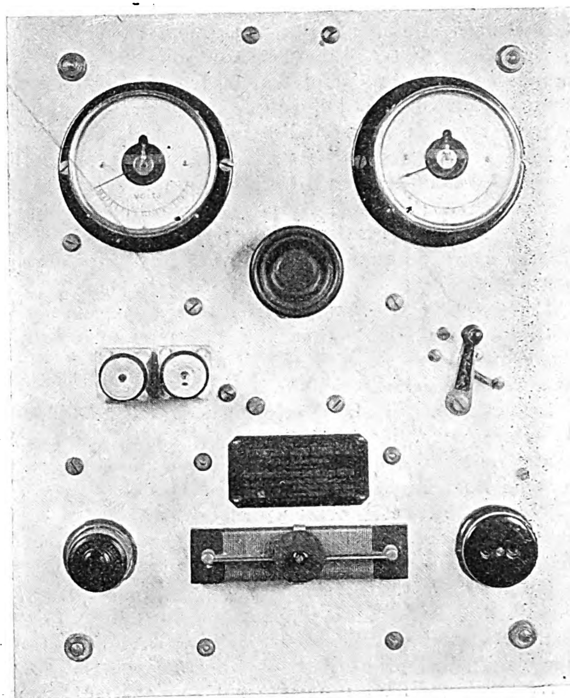


Fig. 8. — Tableau de convertisseur de 10 ampères. Vue avant.

On produit momentanément un court-circuit entre le mercure des deux tétines inférieures en inclinant légèrement l'ampoule. Ce court-circuit a pour effet de vaincre la résistance cathodique et d'allumer le convertisseur Pendant la marche du convertisseur, on aperçoit à la surface cathodique un feu follet qui serpente à la surface du mercure. Ce petit feu follet a une température excessivement élevée, qui peut atteindre, d'après M. de Recklinghausen, plusieurs milliers de degrés.

Pendant le fonctionnement du convertisseur, il y a une certaine perte d'énergie par suite de la transformation partielle de l'énergie électrique en énergie calorifique.

On peut évaluer très aisément cette perte d'énergie en mesurant les chutes de tension aux différents points de l'ampoule. Cette chute de tension totale varie de 12 à 50 volts et se décompose ainsi :

5 volts aux électrodes positives,

4 volts à l'électrode négative,

3 à 41 volts à l'intérieur de la colonne mercurielle.

Cette dernière chute de tension varie en effet avec le diamètre de la colonne mercurielle, avec la longueur de cette colonne et avec le plus ou moins grand nombre d'ondulations qu'elle comporte.

Dans les ampoules construites ordinairement et pour

des tensions ne dépassant pas 200 volts, on doit compter sur une chute totale de 15 volts.

D'une façon générale, une augmentation de la pression de la vapeur accentue la chute de tension à l'intérieur de la colonne, tandis qu'une augmentation de la température diminue la perte aux électrodes.

Les électrodes et le mercure sont enfermés dans une ampoule de verre complètement fermée dans laquelle on a fait un vide aussi élevé que possible. L'emploi du verre est une des grosses difficultés dans la fabrication des convertisseurs, surtout avec les grandes ampoules qui sont difficiles à travailler à la lampe.

On a cherché à faire des convertisseurs métalliques, mais jusqu'ici les résultats n'ont pas été satisfaisants et le cristal est uniquement employé pour fabriquer les ampoules.

Le courant arrive aux électrodes au moyen de fils de platine scellés dans le cristal. Le passage de ces fils à travers le verre est également un point très délicat dans la fabrication.

La capacité d'une ampoule de convertisseur dépend de sa grandeur, de sa forme, de la dimension des électrodes et surtout du diamètre des fils de platine qui servent à amener le courant aux électrodes.

Pendant le fonctionnement du convertisseur, le mercure s'évapore à la cathode, se condense sur les parois de l'ampoule pour retomber à l'état liquide dans l'électrode négative. Cette condensation se produit avec un certain dégagement de chaleur. Il faut diriger cette chaleur vers l'extérieur et par conséquent proportionner les dimensions de l'ampoule à sa puissance.

La tension du courant alternatif qu'on peut transformer dans une ampoule dépend à la fois de la longueur de la colonne mercurielle et du nombre d'ondulations disposées sur son trajet.

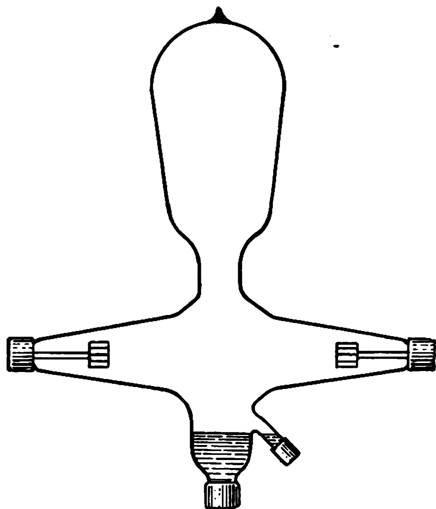


Fig. 9. — Ampoule pour basses tensions.

La figure 9 représente une forme d'ampoule utilisée pour les courants monophasés et pour des tensions allant jusqu'à 120 volts.

La figure 10 nous montre une ampoule pouvant débiter 10 ampères et pour des tensions allant jusqu'à 250 volts. On remarquera que les électrodes sont disposées dans des tubulures latérales au lieu d'être placées en face l'une de l'autre, comme précédemment.

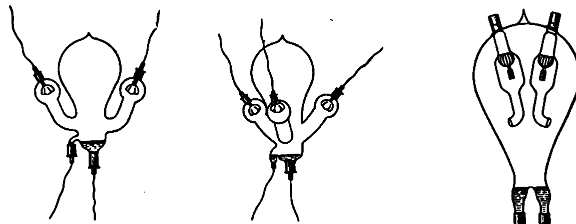


Fig. 10, 11, 12. — Ampoules pour tensions élevées.

La figure 11 montre la même ampoule utilisée pour les courants triphasés.

La figure 12 nous montre enfin une ampoule pour soupape de 4 à 7 ampères et 4000 volts continu. On remarquera que les électrodes sont disposées au fond de cellules en cristal dont les ouvertures sont opposées.

Courbes oscillographiques. — Les figures 13 à 18 représentent une série de courbes relevées par M. G. Schulze avec un oscillographe Blondel.

Les figures 13, 14, 15 de gauche correspondent à une induction de 0,064 henry dans le circuit; celles de droite à une induction de 0,011 henry, induction indispensable pour maintenir l'arc allumé.

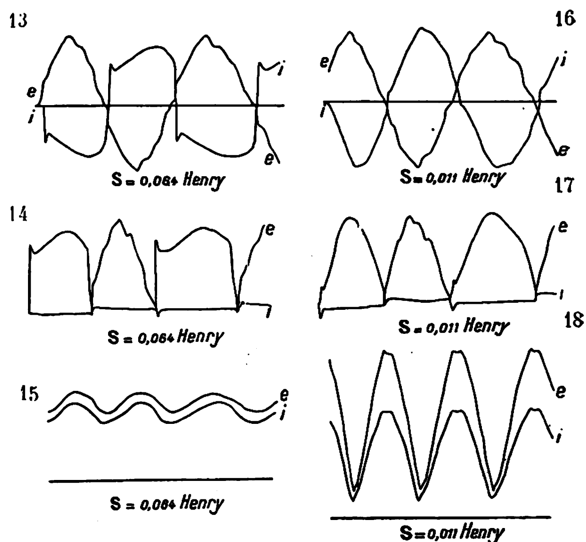


Fig. 13 à 18. — Courbes oscillographiques relevées sur un convertisseur monophasé.

Pour rendre les figures plus lisibles, on a décalé la courbe de la force électromotrice d'une demi-période par rapport à la courbe d'intensité.

Les figures 13 et 16 montrent le courant et la tension au diviseur de tension.

Les figures 14 et 17 ont été relevées sur une des

branches du convertisseur; les figures 15 et 18 sur le circuit d'utilisation.

La comparaison de ces deux figures fait ressortir l'importance de la self-induction sur le circuit d'utilisation.

La puissance d'un convertisseur est limitée par l'intensité du courant qu'on peut faire passer à travers le verre de l'ampoule. C'est pour cette raison qu'on ne peut dépasser 30 ampères. Mais si l'on refroidit artificiellement l'ampoule on peut atteindre un débit de 50 ampères. On peut faire fonctionner les convertisseurs en parallèle, en connectant les ampoules au secondaire d'un même diviseur de tension.

Convertisseurs triphasés. — Le convertisseur à mercure est particulièrement approprié pour la transformation des courants alternatifs triphasés en courant continu.

La figure 19 montre les schémas des connexions d'un tel convertisseur.

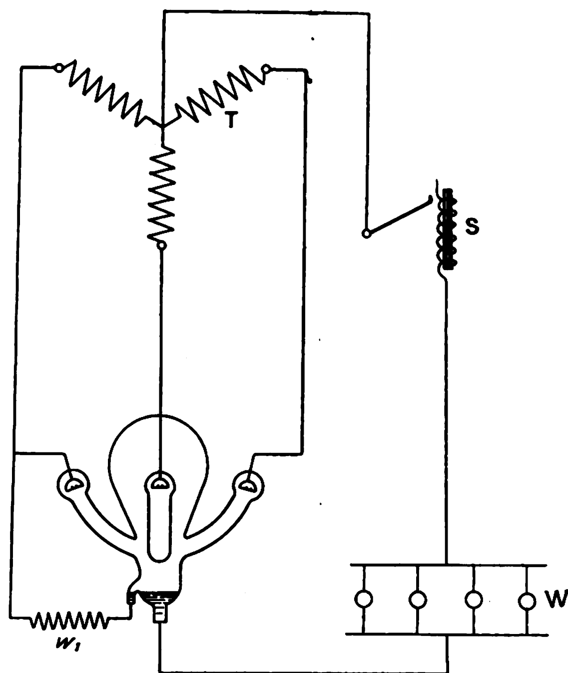


Fig. 19. Schéma du montage d'un convertisseur triphasé.

Le diviseur de tension comporte trois bobines montées en étoile et dont les trois bornes A, B, C sont connectées aux trois fils de la distribution.

Le point neutre D est relié à l'une des barres de la distribution, et les trois bornes A, B, C sont reliées aux trois électrodes E^1, E^2, E^3 de l'ampoule. Celle-ci ne diffère du reste des ampoules que nous avons vues jusqu'ici que par l'adjonction d'une branche supplémentaire renfermant la troisième électrode.

La cathode en mercure est reliée à la deuxième barre de la distribution. Comme précédemment le circuit d'utilisation est monté en parallèle entre les deux barres. Une résistance w_1 et une électrode auxiliaire servent comme précédemment à l'allumage du convertisseur.

Les figures 20 à 25 montrent des courbes relevées à l'oscillographe Blondel sur un convertisseur Cooper-Hewitt, monté sur une distribution triphasée, alimentant un circuit de lampes à incandescence.

Les figures 20, 21, 22 correspondent à un premier essai avec un coefficient d'induction égal à 0,084 henry; les figures de droite, à un deuxième essai sans self-induction dans le circuit.

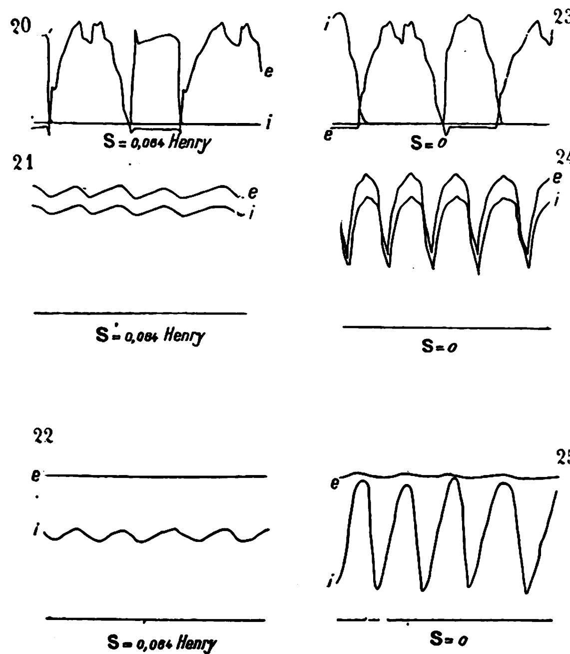


Fig. 20 à 25. — Courbes oscillographiques relevées sur un convertisseur triphasé.

Les figures 20 et 23 montrent les variations de l'intensité et de la force électromotrice sur l'une des branches du convertisseur (pour rendre les courbes plus lisibles on a décalé d'une demi-période la courbe de potentiel par rapport à la courbe d'intensité).

Les figures 21 et 24 montrent les variations de l'intensité et de la tension du courant d'utilisation.

Sur les figures 22 et 25 on remarque que la courbe de tension descend au-dessous de la ligne zéro. Cette région négative correspond à la perte constante de 12 volts environ, dont nous avons parlé ci-dessus [1].

Charge des batteries d'accumulateurs. — Le convertisseur à mercure est particulièrement commode pour la charge des batteries d'accumulateurs surtout lorsqu'on fait usage de la résistance auto-régulatrice.

La résistance auto-régulatrice est constituée par un fil de fer noyé dans une atmosphère d'hydrogène. Le coefficient de température de cette résistance est très élevé,

[1] Dans ces expériences, la tension du côté alternatif était de 125 volts et du côté continu de 68 volts. (Les courbes que nous reproduisons ici ont été relevées par M. G. Schulze de la Physikalisch-Technischen Reichanstalt.) *E. T. Z.*, 1er avril 1909.

de sorte qu'elle sert à régulariser le courant. A cet effet, on l'interpose à côté de la bobine de self sur le conducteur qui vient du point neutre de l'autotransformateur. Au début de la charge, lorsque la force contre-électromotrice est faible, l'action de la résistance

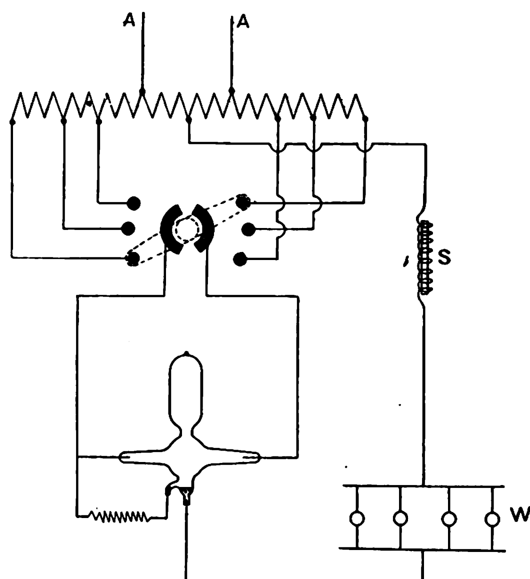


Fig. 26. — Réglage de la tension d'un convertisseur par contact bipolaire.

régulatrice est prépondérante; à la fin de la charge au contraire, lorsque le courant a tendance à baisser par l'effet de la force contre-électromotrice qui augmente, l'action de la résistance régulatrice est très faible, le courant tombe alors à une valeur telle que le convertisseur s'éteint de lui-même.

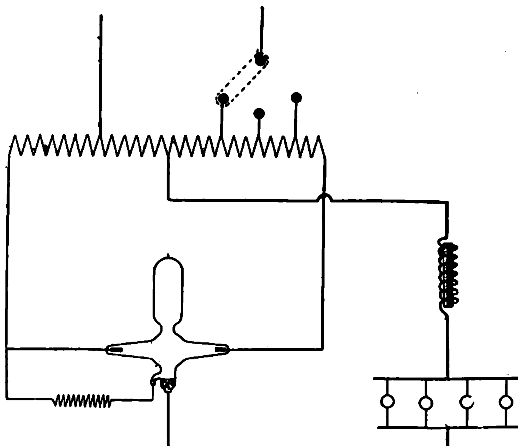


Fig. 27. — Réglage de la tension d'un convertisseur par contact unipolaire.

On conçoit les avantages considérables d'un tel procédé, puisqu'on peut charger automatiquement une batterie d'accumulateurs, sans faire aucune manœuvre et sans perdre de courant dans un rhéostat de réglage; l'opération de la charge consistant simplement dans l'allumage de l'ampoule, qui s'éteint d'elle-même,

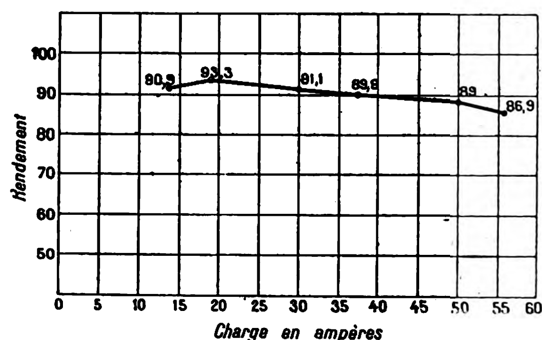


Fig. 28. — Courbe de rendement de deux convertisseurs de 30 ampères montés en parallèle.

lorsque la batterie est complètement chargée. L'opération s'effectuant sans aucune surveillance peut se faire sans inconvénient pendant la nuit, c'est-à-dire dans une période où le courant peut être vendu bon marché.

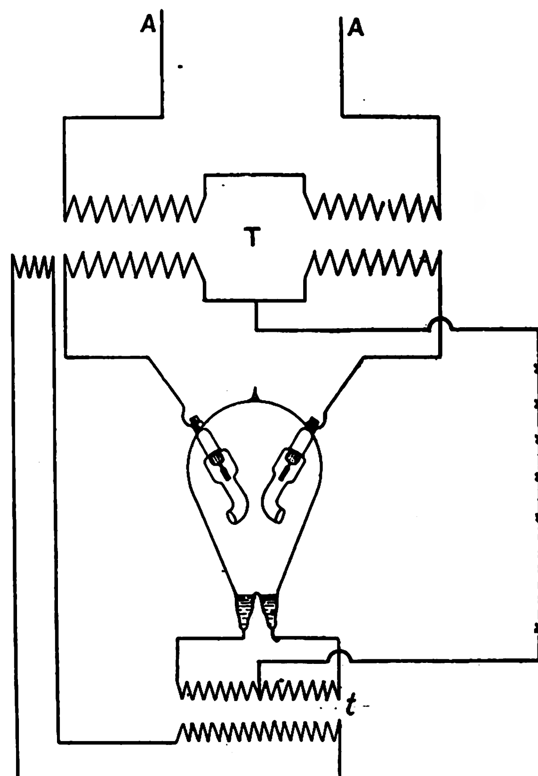


Fig. 29. — Schéma d'installation d'arcs en série alimentés par un convertisseur à haute tension.

Le Tableau I résume les mesures faites par M. Schulze pendant la charge de deux batteries de convertisseurs,

Fig. 30. — Tableau de convertisseur de 30 ampères.
Vue arrière.

Fig. 31. — Tableau de convertisseur de 30 ampères.
Vue avant.

l'une de 130 ampères-heure, l'autre de 270 ampères-heure; dans l'un et l'autre cas, le régime de charge ne varie que de 2 à 10 ampères.

Dans ces expériences la résistance régulatrice était formée de onze résistances en fer, chacune de ces résistances pouvant supporter un courant de 1,2 ampère.

L'induction de la bobine de self, intercalée dans le circuit, était de 0,02 ampère.

TABLEAU I.

Chargement d'une batterie d'accumulateurs avec un convertisseur à vapeur de mercure et des résistances en fil de fer pour maintenir le courant constant.

Temps après mise en marche.	Courant de charge.	Tension d'alimentation du convertisseur.	Tension de la batterie.	Tension de la résistance en fil de fer.
I. — *Batterie d'environ* 130 *ampères-heure.*				
h	amp			
0	10,2	155,0	129,0	25,0
2	10,1	154,8	131,0	22,8
6	10,0	158,8	131,8	26,0
19	9,1	153,0	142,0	10,0
22	9,1	155,7	144,7	10,0
II. — *Batterie d'environ* 270 *ampères-heure.*				
0	10,3	155,2	128,2	26,0
7	10,0	160,2	133,2	26,0
20	9,7	153,0	138,0	14,0
27	9,4	155,6	142,7	11,9
46	8,7	154,2	145,2	8,0

Durée des ampoules. — M. G. Schulze a mesuré la durée des ampoules employées dans ses expériences. Voici les résultats obtenus par lui :

1° Une ampoule choisie pour un essai de durée a marché pendant 1040 heures et a été amorcée trente-neuf fois. Elle a débité pendant ce temps 1490 kilowatts-heure à la tension de 155 wolts du côté continu; pendant la nuit elle perdit son vide. Nous n'avons pu, dit M. Schulze, « découvrir la raison de cet accident, mais il est probable qu'une fissure accidentelle s'est produite dans une des tétines des électrodes ».

2° Une deuxième ampoule triphasée marchait encore au bout de 2250 heures après avoir été amorcée quatre-vingt-seize fois à pleine charge. Ce convertisseur avait supporté pendant 1 heure une surcharge de 50 pour 100.

Le nombre de convertisseurs mis hors de service par usure est relativement faible; il est impossible de fournir un chiffre exact sur la durée des ampoules, mais on peut dire que cette durée semble très élevée. Dans tous les cas, les constructeurs garantissent cette durée pour une période assez longue.

Réglage de la tension. — Nous venons de voir comment on pouvait régler automatiquement la tension dans la charge d'une batterie d'accumulateurs. On peut également faire varier la tension de deux manières :

1° En interposant une bobine de self du côté alternatif. Cette disposition a le précieux avantage de n'absorber qu'une très faible partie de l'énergie demandée à la distribution, mais a par contre l'inconvénient de décaler le courant. Ceci n'a du reste que fort peu d'importance si le nombre des convertisseurs branchés sur le réseau n'est pas considérable.

2° En intercalant un plus ou moins grand nombre de spires dans le diviseur. Les figures 26 et 27 indiquent d'une façon suffisamment claire deux procédés pour arriver à ce résultat.

Rendement. — Le rendement d'un convertisseur dépend de la tension du côté continu, parce que la perte à l'intérieur de l'ampoule est sensiblement constante comme nous l'avons vu.

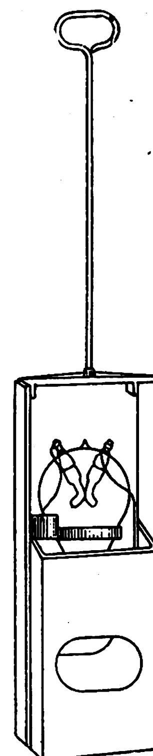


Fig. 32. — Ampoule de convertisseur à haute tension montée dans sa boîte support.

Ce rendement est d'environ 80 pour 100 lorsque la tension est de 110 volts côté continu.

Voici les résultats obtenus par M. Schulze avec un convertisseur triphasé :

La puissance absorbée du côté alternatif était mesurée au moyen d'un compteur Aron et du côté continu au moyen d'un compteur moteur. Le rendement a été trouvé égal à 92,8 et la perte en volts dans l'ampoule a été trouvée égale à 12 volts.

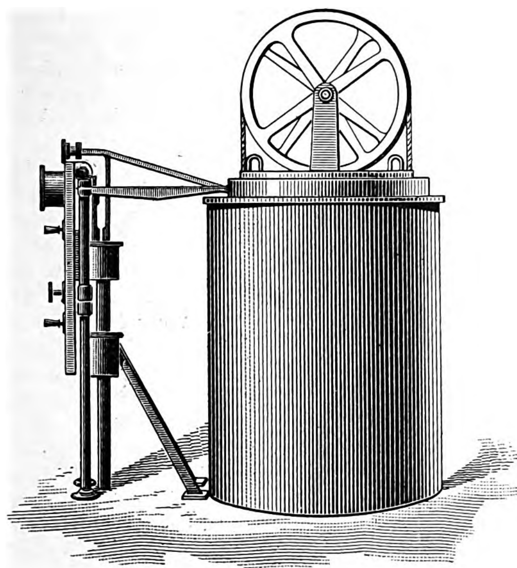
La figure 28 représente la courbe de rendement de deux convertisseurs à mercure de 30 ampères montés en parallèle sur une distribution triphasée de trois ponts 320 volts 50 périodes, débitant de 15 à 60 ampères pour la charge d'une batterie d'accumulateurs.

On remarquera la constance du rendement qui est

très élevé puisqu'il atteint 93,3 pour 100 pour descendre à 86,9 seulement à la fin de la charge.

Applications des convertisseurs à mercure. — Le convertisseur à mercure est utilisé en Amérique pour la charge des batteries d'accumulateurs et plus généralement pour toutes les applications où le courant continu est indispensable.

En Amérique on l'emploie plus spécialement pour alimenter un grand nombre d'arcs en série. C'est ainsi qu'un même circuit comporte jusqu'à 75 lampes. Les



Fi. 33. — Vue de côté.

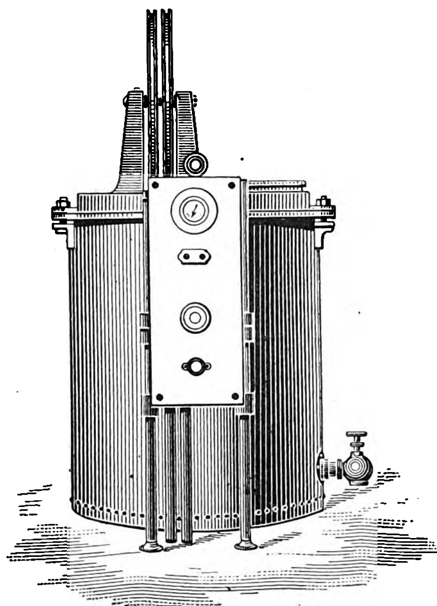


Fig. 34. — Vue de face.

Tableau et appareil régulateur pour l'éclairage par arcs en série au moyen du convertisseur à mercure.

machines Brush employées précédemment pour alimenter ces arcs ont toujours fonctionné d'une façon défectueuse à cause de l'extrême difficulté de la commutation. On les a très avantageusement remplacées par des convertisseurs à haute tension.

La figure 29 indique schématiquement le système de montage employé pour cette application particulière.

Le diviseur de tension est un transformateur à courant constant avec trois prises de courant. Les bobines primaires de ce régulateur sont mobiles. Un petit transformateur d'amorçage sert à l'allumage en produisant un arc entre les deux tétines en mercure.

Les figures 30 et 31 montrent l'ensemble des appareils avec tableau, interrupteurs, ampèremètres et manettes pour l'amorçage.

L'ampoule du convertisseur est contenue dans une boîte (*fig.* 32) qu'on laisse glisser dans un baquet à huile jusqu'à ce que les boutons du fond de cette boîte fassent contact avec les boutons correspondants montés sur une base isolée. L'ampoule marche donc dans le même bain d'huile que le régulateur et cette disposition présente de très sérieux avantages pour le refroidissement.

On utilise également le convertisseur à mercure pour les appareils de projection, la téléphonie, la télégraphie. Pour ces applications, il est facile de réunir, sur un même tableau, l'ampoule et les appareils de mesure; on obtient alors un appareil peu encombrant qui fonctionne sans bruit (*fig.* 33 et 34). L. Drin.

Remarques sur les redresseurs à vapeur de mercure, par Günther Schulze (*Elektrotechnische Zeitschrift,* t. XXX, 1er et 22 avril 1909, p. 295 et 373). — Il n'est peut-être pas sans intérêt de savoir la relation qui existe entre les courants alternatifs i_1 et i_2 et le courant redressé i_3 (*fig.* 5 de l'article précédent). Si i_1, i_2 et i_3 sont les intensités efficaces mesurées avec un électrodynamomètre ou un ampèremètre calorique, i_3 n'est pas égal à la somme de i_1 et i_2, car ces derniers courants sont alternativement nuls à chaque demi-période. Soit T la durée d'une période et i une valeur instantanée du courant; pour simplifier, nous supposerons que les valeurs efficaces sont égales dans les deux dérivations, c'est-à-dire $i_1 = i_2$.

Dans le circuit (1), on a

$$i_1 = \frac{1}{T}\sqrt{\int_0^{\frac{T}{2}} i^2\,dt};$$

dans le circuit (2),

$$i_2 = i_1 = \frac{1}{T}\sqrt{\int_{\frac{T}{2}}^{T} i^2\,dt};$$

2....

et dans le circuit (3),

$$i_3 = \frac{1}{T}\sqrt{\int_0^{\frac{T}{2}} i^2\,dt + \int_{\frac{T}{2}}^{T} i^2\,dt},$$

$$i_3 = i_1\sqrt{2}.$$

D'autre part, si l'on mesure le courant i_3 avec un ampèremètre à courant continu, à cadre mobile par exemple, on n'obtiendra plus la même valeur qu'avec les appareils employés ci-dessus. Or le courant ondulé i_3 résulte de la superposition d'un courant continu et d'un courant alternatif sinusoïdal; sa valeur est à chaque instant

$$i = i_c + i_0 \sin\omega t,$$

i_c étant donné par l'ampèremètre continu; avec l'ampèremètre calorique, on aura

$$i_3 = \sqrt{\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi}(i_c + i_0\sin\omega t)^2\,dt} = \sqrt{i_c^2 + \frac{i_0^2}{2}}.$$

Le courant sera d'autant mieux redressé que le rapport $\frac{i_3}{i_c}$ sera plus petit. Or

$$\frac{i_3}{i_c} = \sqrt{1 + \frac{1}{2}\left(\frac{i_0}{i_c}\right)^2}.$$

Comme première approximation, on peut supposer $i_c = i_0$; alors

$$\frac{i_3}{i_c} = 1,225.$$

En pratique, les résultats sont bien meilleurs; pour le courant de la figure 15, on trouve ce rapport égal à 1,006.

Dans un article sur ces redresseurs paru dans *La Revue électrique* du 30 juin 1908, nous disions que les anodes solides, surtout celles en charbon, se détérioraient rapidement et que M. Hahn attribuait cette usure à un courant ou une décharge s'établissant entre les deux électrodes positives, ou bien plutôt entre l'une des électrodes solides fonctionnant comme cathode, et le mercure, faisant fonction d'anode. Ce courant inverse a été mis en évidence par des expériences très soignées de Günther Schulze, mais fort heureusement il ne dépasse pas 10^{-7} ampère pour des charges de 9 ampères et 500 volts. Il n'est donc pas capable de provoquer la destruction des électrodes ni d'influencer le rendement du redresseur.

TRANSFORMATEURS.

Sur la décharge des bobines d'induction, par E. CAUDRELIER (*Comptes rendus*, t. CXLVIII, 10 mai 1909, p. 1257). — Au cours de ses recherches sur les différents modes de décharge des inducteurs, Klingelfuss a le premier signalé que, si l'on intercale dans le circuit qui réunit les deux pôles d'un de ces appareils une coupure de 10^{cm} à 100^{cm} de longueur, l'étincelle produite par la décharge présente, lorsqu'on la souffle par un courant d'air, toute une série de stries lumineuses régulièrement espacées. D'après la théorie développée à ce sujet par Klingelfuss, Walter, Schnell et tout récemment encore par Corbino [1], ce phénomène serait dû à l'influence du condensateur placé aux bornes de l'enroulement primaire et destiné à rendre plus brusques les ruptures du courant d'alimentation; par suite de l'existence de cette capacité le primaire donnerait naissance à des oscillations, qui, se transmettant par induction au secondaire, provoqueraient dans l'étincelle les stries observées par Klingelfuss.

L'auteur a repris les expériences de Klingelfuss en substituant aux grandes étincelles qu'il étudiait des étincelles courtes ayant au maximum 2^{cm} de longueur. Il a constaté qu'en soufflant ces étincelles courtes, au moyen de l'appareil imaginé par Hemsalech ou simplement au moyen d'un courant d'air, on obtenait un phénomène semblable à celui de Klingelfuss; mais il a de plus observé, ce qui est de nature à infirmer, dans le cas des étincelles courtes, la théorie rappelée plus haut, que l'aspect de l'étincelle n'était pas modifié lorsqu'on supprimait le condensateur placé sur le circuit primaire.

Dans ce dernier cas il ne reste au primaire d'autre capacité que celle du transformateur lui-même; or il résulte des expériences de M. A. Léauté [1] que cette capacité doit être au plus de l'ordre du dix-millième de microfarad, et M. Johnson [2] a montré qu'une capacité aussi faible ne pourrait donner lieu, dans le circuit primaire, à des oscillations susceptibles d'être décelées expérimentalement.

On est dès lors conduit à penser que la constitution particulière de l'étincelle dans les expériences de l'auteur est due plutôt à la présence d'une coupure sur le secondaire qu'à l'existence du condensateur sur le primaire. Cette manière de voir a été confirmée par l'expérience suivante. Lorsqu'on fait varier la vitesse du courant d'air, l'aspect de l'étincelle ne se modifie pas de façon aussi simple que l'avait pensé Klingelfuss : si l'on augmente progressivement la force du soufflage, les stries lumineuses s'écartent d'abord; mais, à partir d'une valeur déterminée que l'auteur appelle *valeur critique* du courant d'air, on les voit, par un mouvement inverse, se rapprocher de nouveau, jusqu'à venir finalement se confondre sur la ligne qui joint les électrodes, pour former un trait lumineux unique, émettant un bruit strident. L'air ionisé, formant la coupure, semble donc jouer un rôle important dans le phénomène.

(1) CORBINO, *Il nuovo Cimento*, 1909.
(1) A. LÉAUTÉ, *Comptes rendus*, t. CXLVIII, p. 359.
(2) K.-R. JOHNSON, *Ann. der Physik*, 4e série, t. II, p. 179.

TRACTION ET LOCOMOTION.

CHEMINS DE FER.

Les incidents d'exploitation du New-York New-Haven Railroad, par W.-S. MURRAY (*Proceedings of the American Institute of Electrical Engineers,* t. XXVII, décembre 1908, p. 1609-1661). — L'auteur, ingénieur électricien du New-York New-Haven, signale dans ce Mémoire les incidents qui se sont produits au début de la mise en service des trains électriques sur cette ligne ([1]), leurs causes et les remèdes qui y ont été apportés.

A la station centrale, les génératrices Westinghouse 3750 kilovolts-ampères ou même 6000 kilovolts-ampères, donnant *directement* du courant monophasé à 11000 volts *avec un enroulement triphasé* n'ont pas été capables de développer d'une manière continue plus de 66 pour 100 de leur charge normale, alors que, d'après les spécifications, elles auraient dû pouvoir supporter une surcharge de 50 pour 100 pendant 2 heures et de 100 pour 100 pendant 2 minutes. Ce défaut, attribué à un champ de dispersion considérable, hors de proportion avec le laminage du fer, occasionna des échauffements dangereux dans les cas de surcharge inévitables sur un réseau tel que celui de New-Haven. Après divers tâtonnements, on est arrivé à modifier la construction des génératrices de façon qu'elles remplissent régulièrement les conditions voulues; pour cela on a ajouté un enroulement amortisseur en court-circuit autour de l'inducteur mobile. Mais il est à noter que cette disposition a pour effet d'augmenter la valeur du courant débité par la machine en cas de courts-circuits.

En outre, la ligne étant reliée aux génératrices sans aucune impédance, par suite de l'absence de transformateurs, les courts-circuits fréquents qui se sont produits au début de la ligne ont donné naissance à des afflux de courant si intenses et si prompts que les disjoncteurs automatiques de l'usine et de la ligne n'ont pas fonctionné; ils ont été brûlés ou il y a eu des détériorations des génératrices. On a supprimé ces incidents en coupant la communication immédiate de la station centrale avec la ligne, qui a été desservie par deux feeders présentant par eux-mêmes une certaine résistance ohmique et comportant à leur point de départ des bobines de forte impédance.

Il y a eu au début de nombreux défauts d'isolation, d'à peu près toutes les parties de la ligne; ces défauts ne se seraient peut-être pas produits si la ligne avait été entièrement exploitée à l'électricité; mais ils ont été provoqués ou tout au moins grandement facilités par les dépôts de fumée conductrice sur toutes les pièces isolantes, dépôts dus au passage des locomotives à vapeur circulant encore sur la ligne. Ces incidents ont presque entièrement disparu lorsqu'on eut renforcé l'isolation de toutes les parties de la ligne.

Après 4 à 5 mois de service, on constata des ruptures de plus en plus nombreuses du fil de travail b (*fig.* 1) aux points d'attache b_1 avec les deux fils porteurs en acier a_1 et a_2. Ces ruptures ont été attribuées à un contact trop dur des archets des locomotives avec le fil b aux points d'attache $b_1 b_1$ par suite du manque d'élasticité du fil en ces points. On y a remédié en ajoutant

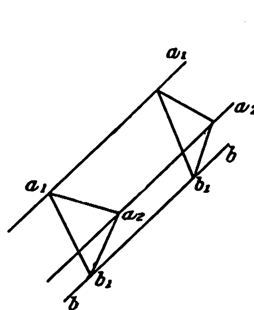


Fig. 1.

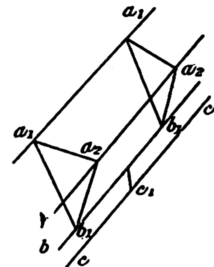


Fig. 1 *bis*.

au-dessous du fil de cuivre b (*fig.* 1 *bis*), conservé uniquement comme conducteur ou feeder de travail, un fil c soit d'acier, soit de bronze relié au premier par des attaches c_1 disposées au milieu des attaches triangulaires b_1 du fil b. Le fil c sur lequel frotte l'archet présente une dureté et en même temps une flexibilité plus grande que le fil b. L'usure de cet archet est toujours assez forte malgré les divers essais tentés pour la réduire. Là encore la suie déposée par les locomotives à vapeur a une notable influence nuisible.

Les locomotives se sont bien comportées au point de vue de la capacité des moteurs. On a pu, comme on l'avait prévu, remorquer 75 pour 100 des trains (de 200t de charge) avec une seule locomotive, tandis que 25 pour 100 seulement des trains (plus lourds) ont nécessité l'emploi de deux unités motrices. Toutefois l'isolation des balais a dû être renforcée et l'on a dû modifier beaucoup de pièces de l'appareillage électrique des locomotives qui étaient trop faibles pour les courants qui les traversaient. Au point de vue mécanique les bogies étaient trop faibles et l'on dut les renforcer et y adjoindre un essieu porteur ou bissel.

L'auteur conclut qu'à présent que les fautes ont été réparées, le fonctionnement de l'ensemble de l'installation est satisfaisant et qu'à son avis le courant monophasé est plus économique sur le réseau électrifié du New-York New-Haven que ne le serait le courant continu.

Dans la discussion qui a suivi la lecture de ce Mémoire, M. Townley, vice-président de la Connecticut Cy, une filiale de la Compagnie de New-Haven, fait remarquer

([1]) *Voir* les détails sur cette installation dans *La Revue électrique*, t. XI, 30 avril 1909, p. 304 et 312.

qu'un point est acquis : les moteurs ont bien fonctionné aussi bien au point de vue électrique que de leur suspension mécanique. M. Lamme, ingénieur en chef de la Société Westinghouse, fait remarquer que la commutation des moteurs monophasés à collecteur est très bonne et estime à 15 ou 20 ans la durée de ces moteurs.

M. Armstrong, de la General Electric Cy, partisan du courant continu installé par cette compagnie sur le New-York Central, dit que les locomotives du New-Haven qui devaient peser 70t en pèsent en réalité 92 et que leur prix a dû croître dans la même proportion; il estime d'après son expérience qu'une locomotive à courant alternatif doit coûter 25 pour 100 de plus qu'une machine de même poids à courant continu et que par suite les locomotives du New-Haven coûtent le double de celles du New-York Central. Ces dernières, avec à peine le même poids, équivalent à peu près à deux machines du New-Haven car elles ont une puissance de 2200 chevaux au lieu de 1000 et peuvent remorquer 400t au lieu de 200. Il estime que la station génératrice du New-Haven Ry ne coûte pas moins que celle du New-York Central (à puissance égale) et que la ligne aérienne, estimée primitivement au tiers de ce qu'elle a coûté réellement, coûte 50 pour 100 de plus que la ligne à troisième rail. Ces excès de dépenses compensent bien les dépenses supplémentaires de sous-stations et ligne de transmission du New-York Central.

M. Store, de la Société Westinghouse, s'est élevé contre les critiques injustes publiées par un ingénieur de l'État belge, dans le *Bulletin international du Congrès des Chemins de fer*, contre les moteurs monophasés du New-Haven Ry. Il a donné à l'appui des courbes montrant que ces moteurs ont à puissance électrique égale exactement les mêmes caractéristiques que le moteur à courant continu comme couple au démarrage et comme capacité de surcharge (ils peuvent supporter un courant égal à 175 pour 100 du courant normal).

M. Philip Torchio pense que, si l'on avait produit le courant monophasé à l'aide d'alternateurs à enroulement monophasé et non triphasé, bien des ennuis survenus aux génératrices auraient été évités.

M. William Mac Clellan fit remarquer que ce n'était pas sur les dépenses de premier établissement des installations qu'il y avait lieu de discuter mais sur leur prix d'entretien et qu'il serait intéressant de faire ces comparaisons, impossibles actuellement, quand les deux réseaux du New-York Central et de New-Haven auront quelques années de service.

M. Stillwell fit remarquer que la cause principale des incidents venait de la hâte trop grande avec laquelle on avait exécuté, sans expérience préalable, une installation comportant des dispositions nouvelles au sujet desquelles on n'avait rien pour se guider.

Citons pour terminer l'observation faite par notre confrère *Electric Railway Journal* dans son éditorial du 19 décembre 1908 (p. 1591), consacré à cette discussion, que les incidents constatés sur le fil de travail viennent de la prise de courant par pantographe qui n'est pas assez souple : un archet ordinaire aurait été préférable; on aurait dû également installer tout de suite une suspension du fil de travail à double chaînette comme on le fait sur le continent, au lieu de celle à simple chaînette en triangle.

Opinion d'un ingénieur exploitant sur la traction monophasée, par SIDNEY SPRONT (*Electric Railway Journal*, 12 décembre 1908, p. 1565). — L'auteur, qui déclare avoir pu étudier de première main et dans les meilleures conditions plusieurs installations de traction à courant monophasé telles que celles de Vallejo-Benicia et Napa-Valley, d'Exeter et Lemon Cove, de Spokane and Inland Empire, d'Indianapolis et Cincinnati, estime que la plupart des reproches faits à ce système n'existent qu'en théorie. Par exemple, il a constaté que sur un même fil de trôlet alimenté, dans une ligne d'essai, soit en courant continu à 500 volts, soit en courant monophasé à 3000, un équipement de moteur étudié pour marcher indifféremment avec le courant continu ou avec le monophasé donnait une accélération plus grande dans la marche en monophasé que dans celle en continu : ce fait venait de la chute de tension plus forte sur la ligne du trôlet quand elle était alimentée en continu à 500 volts. Ceci prouve qu'on peut souvent obtenir des accélérations égales sinon supérieures avec le monophasé qu'avec le continu parce que la ligne de travail donne lieu à un pourcentage de chute de tension plus faible à cause du grand potentiel de cette ligne; on peut en effet augmenter sans inconvénient ce potentiel puisqu'un transformateur indispensable pour alimenter les moteurs est là pour le réduire. On s'en est rendu compte au Napa-Valley, où l'on avait pris au début un courant monophasé de tension pas assez élevée, qu'on a portée ensuite à 3000 volts.

Le moteur monophasé présente à peu de chose près le même rendement que le continu, il développe à peu près le même couple, mais en raison du faible facteur de puissance qu'il a au démarrage il demande à ce moment une quantité de volts-ampères apparents égal au double des watts absorbés en continu, ce qui oblige à faire usage de plus de cuivre dans les enroulements, ou à alimenter le moteur à plus haute tension (1).

L'auteur est d'avis que la traction à courant monophasé procure une grande économie, comme dépenses de premier établissement, et aussi d'exploitation, sur la traction à courant continu. Il appuie son opinion sur le fait suivant : l'Ocean Shore Railway dont il était l'ingénieur électricien avait commandé des appareils pour l'installation à courant continu à 500 volts d'une ligne à double voie de 120km de long; la commande n'ayant pu être livrée, à cause du tremblement de terre de San Francisco, fut annulée et remplacée par une à courant monophasé, à 6600 volts. L'installation qui serait revenue dans le premier cas à 16218920fr n'a coûté que 13829745fr; le monophasé a donc procuré une économie de 2389175fr ou 14 pour 100. Le Tableau ci-après donne le détail des dépenses de premier établissement dans les deux cas :

(1) Mais en pratique on est obligé, au contraire, de faire travailler les moteurs à plus basse tension en monophasé qu'en continu à cause de la commutation plus difficile.
(*N. d. l. R.*)

	Courant continu.	Courant monophasé.
Station centrale (3 unités de 2000 chevaux)	3598550	3598625
Sous-stations convertisseuses : 1 à la station centrale et 9 sur la ligne, de 1000 kilowatts chacune, une de 500 kilowatts sur la ligne, une transportable de 500 kilowatts....	1823425	
Sous-stations de transformateur : 6 de 1500 kilowatts pouvant être commandées de la centrale...........		470000
Lignes de transmission :		
131^{km} pour le courant continu....	781185	
115^{km} pour le courant monophasé...		684000
Ligne aérienne avec suspension à chaînette, à 6600 volts, semblable dans les deux cas................	1126970	1126970
Fil de travail en cuivre............	994475	787000
Fideurs........................	2178000	
Eclissages électriques :		
Pour le courant continu.........	428165	
Pour le courant alternatif en fil plus fin........................		340000
Matériel roulant : 56 équipements moteurs à 4 moteurs de 500 chevaux..........................	5288150	6823150
Totaux..............	16218920	13829745

On voit que l'excès de dépense dans l'équipement des voitures est largement compensé par les économies réalisées dans les sous-stations et dans les canalisations (suppression des fideurs, dépenses moindres des câbles de transmission et de travail).

L'auteur donne son estimation des dépenses d'exploitation comparées en continu et en monophasé, dans le Tableau suivant, où ne figurent pas les dépenses identiques dans les deux cas, telles qu'entretien, consommation et main-d'œuvre à la station centrale, main-d'œuvre des trains (de sorte qu'il n'est pas possible d'en déduire le pourcentage d'économie procuré par le courant monophasé, mais seulement le chiffre absolu de cette économie, ce qui est moins intéressant) :

	Courant continu.	Courant monophasé.
Dépenses d'entretien :		
Station centrale identique dans les deux cas :		
56 équipements de voitures motrices..	80500	14200
Sous-stations......................	16500	5000
Ligne aérienne à chaînette à 6600 volts.	35000	45000
Main-d'œuvre :		
Station centrale, identique dans les deux cas :		
Sous-stations......................	180000	
Puissance supplémentaire nécessaire en monophasé pour développer le même effort de traction, à cause du poids plus grand des locomotives..		23000
Amortissement :		
8 pour 100 sur le supplément de 1535000^{fr} de premier établissement des équipements moteurs.........		122800
6 pour 100 sur les sous-stations......	109500	28200
5 pour 100 sur la ligne de transmission..............................	39000	34200
1 pour 100 sur les fideurs en cuivre..	21800	
A reporter....	482300	272400
Report.....	482300	272400
3 pour 100 sur le fil de travail.......	29850	23650
Intérêt à 5 pour 100 sur le supplément de 2389000^{fr} de premier établissement.	115000	
	627150	423850
Économie annuelle en faveur du monophasé...........................		203300

On voit que, malgré les dépenses plus élevées d'entretien du matériel roulant et de la ligne aérienne et de l'excès de puissance due au poids plus élevé des locomotives, l'auteur arrive à une économie annuelle de 203300^{fr} pour le monophasé, à cause des frais bien moins élevés d'intérêt et d'amortissement et de la suppression de la main-d'œuvre dans les sous-stations.

Ch. J.

MOTEURS.

Le moteur triphasé en court-circuit employé comme moteur de traction, par K. SCHNETZLER (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXX, 8 avril 1909, p. 320 à 322). — L'emploi du moteur triphasé pour la traction était limité par la difficulté du réglage de la vitesse avec ce genre de moteur. L'usage du couplage en cascade ainsi que des combinaisons d'enroulements, permettant de réaliser des nombres de pôles différents sur un même moteur, améliorèrent les conditions dans lesquelles le moteur triphasé se présentait pour cette application ; cependant les bagues de prise de courant sur le rotor, nécessaires pour le démarrage, constituaient toujours une gêne. La maison Brown-Boveri est parvenue à supprimer cette cause d'ennuis dans les moteurs des locomotives du Simplon.

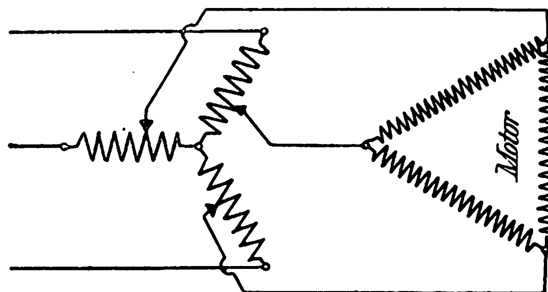


Fig. 1. — Schéma du réglage de la tension d'alimentation des moteurs des locomotives du Simplon.

Ces locomotives sont munies de deux moteurs de 850 chevaux avec enroulements au stator permettant de réaliser 16, 12, 8 et 6 pôles avec rotors en court-circuit. Le couple maximum au démarrage est obtenu par un choix convenable de la résistance du rotor ; le réglage de ce couple suivant les besoins est obtenu par variation de la tension d'alimentation suivant le schéma de la figure 1. Le couple moteur croît en même temps que la tension et suivant une certaine fonction de la résistance du rotor ; la figure 2 montre l'allure de ce couple suivant les différentes valeurs de la résistance du rotor donnée comme multiple de la résistance du stator. Les courbes montrent que le couple maximum

est obtenu pour une augmentation relativement faible de la résistance du rotor, et par suite avec une diminution faible du rendement; par exemple en admettant $R_2 = 3R_1$, on obtient un rendement à pleine charge égal à 90 pour 100 contre 94 pour 100 avec $R_2 = R_1$, ce qui, en pratique, a une importance négligeable.

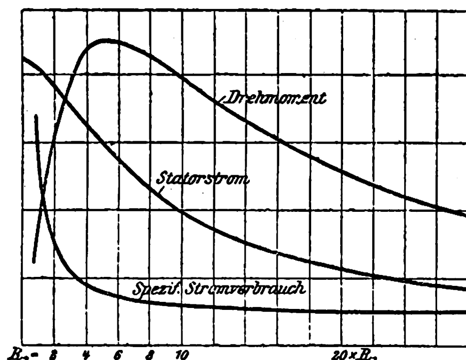


Fig. 2. — Courbes du couple et des intensités en fonction de la résistance du rotor.

Dans les moteurs de la maison Brown, cette résistance est encore légèrement augmentée, au démarrage seulement, par l'échauffement considérable des bandes de bronze ou de cuivre qui relient les barres aux anneaux de court-circuit. Au moment du démarrage, ces bandes, qui présentent très peu de masse, s'échauffent très rapidement jusqu'à 250° et la résistance du rotor augmente de 30 à 50 pour 100; en marche normale, grâce à la ventilation énergique à laquelle elles sont soumises, ces barres se refroidissent complètement et la résistance reprend sa valeur normale.

Le couple au démarrage d'un moteur asynchrone est donné, à un facteur près, par la relation connue

$$C = \frac{\text{perte dans le circuit du rotor}}{\text{nombre de tours (synchr.)}};$$

l'augmentation du nombre de pôles apporte donc une amélioration considérable à ce point de vue.

Ce mode de construction amène une augmentation de la quantité de chaleur à dissiper, ce qui a nécessité un certain nombre de dispositions particulières dans l'établissement de la partie mécanique du moteur : la carcasse est un simple cylindre d'acier dans lequel est maintenu le paquet de tôles au moyen d'anneaux; l'enroulement du rotor est complètement protégé par les paliers en forme de plateaux ajourés.

Le rotor est construit de manière à laisser le plus possible de passages à l'air appelé par la rotation, la ventilation est énergique et permet non seulement d'évacuer la chaleur produite par les pertes du rotor, mais encore de refroidir l'enroulement du stator.

Le couple maximum disponible atteint au démarrage, pour un des moteurs de la série, 915 kg : m; mais, en service, on ne dépasse jamais le couple de 500 kg : m, la consommation spécifique est dans le premier cas égale à $0^{amp},46$ sous 550 volts contre $0^{amp},59$ en marche normale de 200 chevaux à 470 tours. Le moteur pèse 2500^{kg}, soit, pour une puissance de 220 chevaux, un poids spécifique de $11^{kg},500$ par cheval. E. B.

DIVERS.

Bateau à accumulateurs pour le passage du Rhin. — Ce bateau, qui fait un service régulier entre Godesberg et Niederdollendorf, a une longueur de 39^{m}, une largeur de 8^{m} et un creux de $1^{m},90$; son tirant d'eau en charge est de $0^{m},85$ et il peut porter 645 personnes. Les installations électriques ont été faites par la Maison Felten und Guilleaume-Lahmeyer de Francfort.

Les hélices sont commandées chacune par un moteur électrique à changement de marche, agissant directement sur l'arbre. Les électro-moteurs donnent normalement 50 chevaux à 300 tours, avec une tension de 300 volts. Ils sont d'un type étudié spécialement pour l'application à la navigation et sont caractérisés par leur faible poids et le peu d'espace qu'ils occupent. Ainsi la carcasse de l'induit est en acier coulé; les moteurs sont pourvus de pôles auxiliaires, qui permettent de varier le nombre de tours dans des limites assez larges et de renverser le sens de la marche sans produire d'étincelles sur les collecteurs.

La mise en marche, le réglage et le changement de marche des moteurs sont obtenus par deux appareils de contrôle placés dans le poste du timonier et commandés par des leviers et des chaînes de Galle. Le déplacement en avant ou en arrière d'un des leviers détermine le mouvement dans un sens ou dans l'autre de chacune des hélices indépendamment de l'autre. Pour faire tourner les deux propulseurs ensemble, en avant ou en arrière, il suffit de manœuvrer une poignée reliée au levier de droite; cette poignée agit sur un cran qui s'engage dans une encoche portée par l'autre levier et rend les deux leviers solidaires. Dans la cabine du timonier, on trouve un troisième appareil de contrôle qui agit sur deux petits moteurs actionnant des treuils pour la manœuvre des tabliers mobiles donnant accès à la plate-forme.

Ces divers moteurs sont alimentés par une batterie d'accumulateurs formée de 160 éléments de la capacité de 333 ampères-heure, avec une tension de chargement de 290-330 volts. Ces éléments sont contenus dans des récipients en caoutchouc durci et 10 éléments sont logés dans une caisse en bois; ces caisses forment deux groupes de huit caisses chacune. Le local qui contient les accumulateurs est ventilé par des fenêtres et des tuyaux d'aérage. Ce local contient aussi les petits moteurs pour les tabliers mobiles dont nous venons de parler; ces moteurs sont enfermés dans des boîtes en bois, pour n'être pas exposés aux vapeurs acides provenant des accumulateurs. Le courant provenant de ceux-ci est envoyé par des conducteurs bien isolés au tableau de distribution qui porte les commutateurs pour les moteurs et pour l'éclairage opéré au moyen de 28 lampes à incandescence. Une pompe Perkeo, commandée par un moteur électrique et de la capacité de 80^{l} par minute, sert à l'épuisement de la cale et au remplissage d'un réservoir pour le lavage.

ÉCLAIRAGE.

ARC ÉLECTRIQUE.

Expériences sur l'arc électrique (Communication faite au Congrès de Clermont-Ferrand de l'Association française pour l'avancement des Sciences). — I. Parmi toutes les théories proposées pour expliquer le phénomène de l'arc électrique, l'une d'elles suppose que l'arc n'est que le résultat d'une série de décharges successives et peut devenir ainsi le siège d'oscillations électriques. Cette discontinuité du passage du courant dans l'arc serait démontrée par les expériences de plusieurs physiciens, entre autres celles de Wiedemann et Lecher [1].

En 1898, après toute une série d'essais qui devaient aboutir à cette conclusion, qu'il est impossible de déceler une force contre-électromotrice dans l'arc $\frac{1}{1000}$ de seconde après son extinction [2], j'eus l'idée d'entreprendre quelques expériences pour vérifier l'hypothèse de la discontinuité de l'arc. Comme pour l'étincelle oscillante, on pouvait en effet penser que cette discontinuité du passage du courant dans l'arc serait accusée par des variations d'éclat sur les pôles ou dans la lumière propre de l'arc, au voisinage de ces pôles, variations faciles à mettre en évidence par la photographie si elles existent réellement.

J'ai étudié uniquement l'arc stable ou l'arc sifflant à courant continu, jaillissant entre des pôles en charbon; dans les conditions ordinaires de fonctionnement de l'arc, je n'ai trouvé aucune des discontinuités réelles qui ont été rencontrées depuis dans l'arc chantant de Duddell et dans l'arc oscillant de Poulsen.

Mes résultats ne sont cependant pas en désaccord avec ces découvertes si importantes, mais les complètent. Pour qu'un arc oscille, il faut en effet que son circuit remplisse des conditions électriques définies au point de vue, par exemple, de la self-induction et de la capacité [1]; inversement, un arc à l'état naturel ne doit pas présenter d'oscillations.

La Section de Physique de l'Association française pour l'avancement des Sciences ayant mis à l'ordre du jour du Congrès de Clermont-Ferrand l'étude de l'arc, j'ai cru utile de publier mes expériences photographiques pour appeler surtout l'attention des chercheurs sur des méthodes optiques qui, à mon avis, pourraient donner de bons résultats pour l'étude des arcs chantants ou oscillants. Je ne donnerai ici qu'un résumé de mon travail purement expérimental, en renvoyant pour plus de détails au Mémoire qui a paru dans les Comptes rendus du Congrès.

II. Deux méthodes optiques différentes furent employées, l'une étant en somme l'inverse de l'autre.

---

(1) Wiedemann (*Electr.*, t. IV, 1855, p. 835 et 855) trouve par exemple que, avec des électrodes de charbon, l'arc stable ne donne aucune discontinuité, tandis que, dès que l'arc siffle, on a des alternances très rapides. L'effet est plus intense avec le fer et surtout avec le platine. L'électrode négative paraît jouer un rôle prépondérant. Lecher (*Wiener Akad.*, t. XCV, 1897, p. 492) ne trouve rien également ni pour l'arc entre pôles d'argent, ni pour celui entre pôles de cuivre et même de charbon; il observe un effet de discontinuité pour les arcs au fer et au platine.

Il faut observer que, dans ces expériences, on introduit en général une self-induction et une capacité dans le circuit de l'arc; ces expériences, sont alors assez semblables à l'expérience de l'arc chantant (*voir*, à ce sujet, BLONDEL, *Bull. Soc. Phys.*, 1905, p. 464). Il y a lieu de rapprocher de ces Mémoires anciens les travaux tout récents et indépendants de MM. W.-G. Cady et H.-D. Arnold (*Amer. Journ. of Sc.*, t. XXIV, 1907, p. 383) et de MM. H. Buisson et Ch. Fabry (*Comptes rendus*, t. CXLVI, 1908, p. 1143) sur l'arc au fer qui présente deux régimes. Cet arc, comme les arcs métalliques chantants, donnerait, dans le deuxième régime, des oscillations électriques.

(2) On sait que M. Blondel (*Comptes rendus*, t. CXXV, 1897, p. 164) a montré qu'il était impossible de déceler une force contre-électromotrice $\frac{1}{600}$ de seconde après la rupture du courant de l'arc, par une méthode cumulative qui laissait en somme l'arc dans ses conditions normales de fonctionnement. M. Mitkewitsch (*Journ. Soc. phys. ch. russe*, t. XXXIV, 1902, p. 225) n'a rien trouvé non plus dans l'ordre du $\frac{1}{1000}$ de seconde. La méthode que j'avais employée est une méthode statique qui consistait, en principe, à couper le courant à l'aide d'un pendule dont on connaissait la hauteur de chute et à mettre un temps déterminé après l'extinction de l'arc, en connaissant le déplacement d'un contact entraîné par le pendule, l'un des charbons, placé hors circuit, avec un électroscope de Hankel étalonné. Fait curieux, en opérant dans les mêmes conditions, avec un petit charbon sondeur placé près du pôle positif de l'arc, on obtient une charge négative d'une dizaine de volts. Il y a peut-être lieu de rapprocher ce fait de l'expérience de W. Duddell (*Proc. of Roy. Soc.*, t. LXVIII, 1901, p. 512) qui a trouvé une force électromotrice de 17 volts opposée au flux de courant direct et localisée au contact du positif et de la colonne de vapeur. Ce résultat me suggéra l'idée de rechercher s'il y avait des charges électriques dans l'arc (*Écl. électr.*, t. XX, 1899, p. 402). L'expérience donna un résultat positif, les vapeurs étant toujours chargées d'un signe contraire à celui du pôle qu'elles avoisinent; elle fut confirmée plus tard sous une forme plus élégante par M. Campbell Swinton (*Proc. of Roy. Soc.*, t. LXXVI, 1905, p. 553). Ces résultats fournissaient donc une explication de l'expérience précédente en même temps qu'ils confirmaient également les expériences de MM. E. Merritt et O.-M. Stewart sur les propriétés électriques des vapeurs de l'arc (*Phys. Rev.*, t. VII, 1898, p. 129). Ce n'est que deux ans après eux que M. Child a proposé à nouveau une théorie de la dissociation des vapeurs émises par l'arc (*Phys. Rev.*, t. X, 1900, p. 151).

(1) On sait aussi qu'il est préférable que l'arc jaillisse entre deux électrodes dissemblables, l'une en métal et l'autre en charbon. Dans le cas d'oscillations très rapides, l'influence de l'atmosphère qui entoure l'arc paraît jouer également un rôle considérable.

La première méthode est représentée schématiquement dans la figure 1 ([1]).

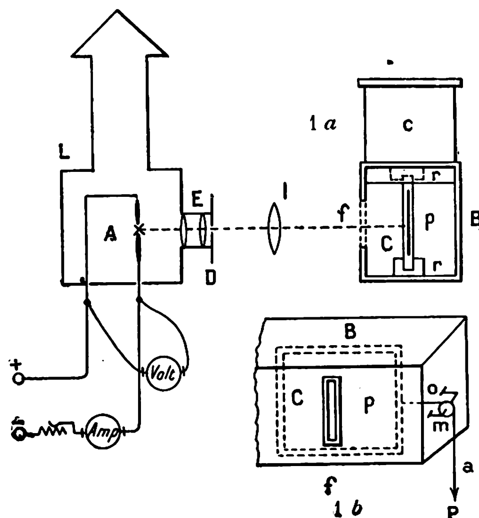


Fig. 1.

L'image des pôles de l'arc A, enfermé dans une lanterne bien close L, est formée, à l'aide d'un jeu de lentilles E, *l*, sur une plaque photographique *p*; celle-ci est disposée dans un châssis C, qui se meut parallèlement ou perpendiculairement à la direction de l'arc, guidé par des rainures *r* à l'intérieur d'une chambre photographique B. Cette chambre porte une fente verticale *f* pour laisser passer le faisceau lumineux. L'entraînement du châssis est obtenu par la chute d'un poids, ce qui permet de connaître la vitesse de la plaque.

Dans la deuxième méthode, l'image de l'arc et des charbons se déplace sur une plaque photographique fixe, ce déplacement étant produit à l'aide d'un miroir tournant ([2]).

Le miroir tournant utilisé est celui de Froment et Werlein appartenant au Laboratoire de Physique du Lycée Henri IV. Il a été employé par MM. Décombe ([3]) et Tissot ([1]) pour l'étude photographique de la décharge oscillante. La poulie du système d'entraînement du miroir qui fait 1 tour quand la poulie du miroir en fait 100 est attaquée par la poulie d'un moteur à courant continu excité en dérivation; l'entraînement se fait par friction, les deux poulies étant recouvertes d'anneaux en caoutchouc.

L'arc A est placé dans une lanterne de projection (*fig.* 2); il est formé entre deux pointes de charbon

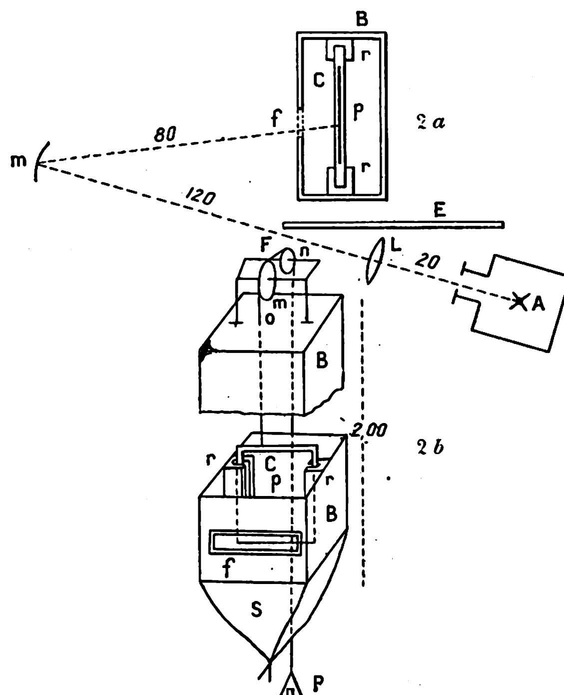


Fig. 2.

très fines. Une lentille L, placée à 20cm environ de l'arc, a une distance focale telle que l'image de celui-ci se forme à 40cm de la lentille et à 80cm du miroir tournant *m*. Comme celui-ci avait une distance focale de 40cm (rayons parallèles), il en résultait qu'on devait disposer la plaque photographique *p* à 80cm du miroir pour que l'image de l'arc, d'une grandeur double de l'arc lui-même, fût au point sur cette plaque ([2]).

Pour que le phénomène oscillatoire dont l'arc pouvait être le siège fût analysé par le miroir tournant, il fallait, par exemple, que l'image du charbon se déplaçât d'une longueur égale à sa propre largeur pendant la durée d'une demi-oscillation. Étant donné que le miroir tournait à la vitesse de 36 tours par seconde,

([1]) Cette méthode photographique a déjà été employée, principalement *pour l'étude de l'arc à courants alternatifs*, par MM. Street, Mynn et Nichols (*Lum. électr.*, t. XLII, 1891, p. 81) et par M. Blondel, qui a mis ainsi magistralement en évidence les propriétés de cet arc (*Lum. électr.*, t. XLI, 1892, p. 551, 668). M. Brown a publié également une étude photographique de l'arc alternatif (*Phys. Rev.*, t. VII, 1898, p. 210) et quelques-unes de ses photographies ont été reproduites par Child dans le Mémoire ci-dessus mentionné. M. Violle (*J. de Phys.*, 3e série, t. II, 1893, p. 545) a montré, par de belles photographies instantanées sur plaques au repos, que l'éclat du charbon positif reste le même pour des régimes de l'arc très différents.

([2]) MM. Mynn et Nichols (*loc. cit.*) citent M. Wiedemann comme ayant employé le miroir tournant pour étudier l'arc à courant continu sans faire aucune allusion à un procédé photographique.

([3]) DÉCOMBE, *Résonance multiple des oscillations électriques* (*Thèse*, Paris, 1898, p. 34).

([1]) TISSOT, *Sur la mesure de la période des ondes utilisées dans la télégraphie sans fil* (*Comptes rendus*, t. CXXXII, 1901, p. 763).

([2]) Cette disposition de l'expérience me fut imposée par les dimensions de la salle d'expériences. Les pointes de l'arc taillées par le passage du courant pouvaient avoir 0mm,25 ou 0mm,50 au moment de l'expérience.

facilement mesurable, et que l'image du pôle + de l'arc avait $0^{mm},5$ à 1^{mm} de largeur, on pouvait ainsi percevoir sur la plaque une discontinuité périodique d'éclat dont la période d'oscillation aurait été comprise entre $\frac{1}{100\,000}$ et $\frac{1}{200\,000}$ de seconde.

Pour mieux utiliser la plaque photographique, au lieu de la laisser immobile, on la faisait en réalité glisser verticalement, avec une vitesse convenable, dans une chambre photographique de 2^{m} de hauteur.

La difficulté d'allumer l'arc, par rapprochement des charbons, une fois la mise au point faite, sans dérégler l'expérience, fut levée en amorçant l'arc par une étincelle électrique.

L'allumage d'un arc par l'étincelle peut être réalisé de diverses façons :

1° On peut considérer l'arc comme un excitateur à travers lequel on fait passer la décharge d'une batterie de condensateurs;

2° On peut utiliser le montage, suivant très commode :

Une machine de Wimshurst du modèle courant est disposée avec ses deux condensateurs en cascade (on a retiré la tige qui réunit les armatures externes). Par construction, les armatures internes sont reliées aux peignes et à l'excitateur; les armatures externes sont alors reliées aux bornes de l'arc entre lesquelles on applique également la tension nécessaire à son fonc-

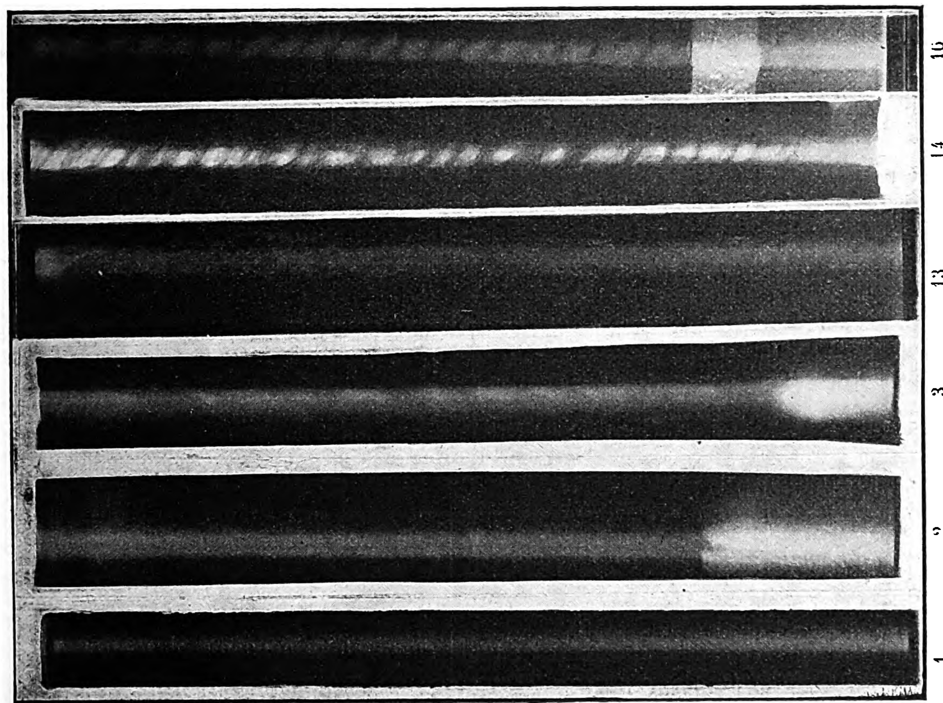


Fig. 3.

tionnement. Quand on fait tourner la machine, pour une certaine différence de potentiel, une étincelle éclate à l'excitateur (on peut la provoquer en rapprochant vivement les deux tiges de l'excitateur), puis une dans l'arc, et si les distances d'éclatement sont bien accordées, l'énergie de la décharge dans l'arc est suffisante pour produire une quantité de chaleur capable de faire naître l'arc.

3° On peut enfin utiliser le phénomène de résonance (¹).

III. Le Tableau suivant résume et précise, autant que

(¹) Par exemple l'oscillateur est constitué par l'éclateur de la machine de Wimshurst, à laquelle on ajoute deux batteries de condensateurs de 0,027 microfarad environ. Le résonateur est constitué par l'arc, aux bornes duquel est appliquée une force électromotrice de 54 volts, les deux pôles étant distants de $0^{mm},05$ et reliés à deux plaques métalliques de 16^{dm^2} environ de surface, isolées, analogues à celles qu'on utilise dans les expériences de Hertz; l'arc ne s'allume qu'avec ces seules capacités C. Ainsi :

Avec 1 plaque à l'arc, l'étincelle passe dans l'arc : non allumage;

Avec 2 plaques (C) à l'arc, l'étincelle passe dans l'arc : *allumage*.

Avec C + 2 cond. 0,003 microfarad à l'arc, l'étincelle passe dans l'arc : non allumage.

Avec C + 4 cond. 0,003 microfarad à l'arc, l'étincelle passe dans l'arc : non allumage.

Avec C à l'arc, l'étincelle passe dans l'arc : *allumage*.

Il n'est pas douteux que, dans ce cas comme dans le précédent, l'arc se comporte comme un phénomène oscillatoire.

Nos des clichés	SOURCE d'énergie électrique.	NATURE du support de l'arc.	NATURE de l'arc.	ÉLÉMENTS de fonctionnement. e.	ÉLÉMENTS de fonctionnement. I.	SENS des charbons sur le support.	NATURE des charbons. +.	NATURE des charbons. −.	DIAMÈTRE des charbons. +.	DIAMÈTRE des charbons. −.	DIAPHRAGME à la lanterne.	SENS du déplacement de la plaque par rapport à l'arc.	VITESSE moyenne de la plaque et limites de vitesse
1....	Accumulatrs f.e.m. 66-70volts	Régulateur Foucault	Stable	volts 41	amp 9	(−) en haut	Sans âme	Sans âme	mm 7	mm 8	mm 2,6	⊥ arc	cm/sec 200
2....	»	»	»	45	5-6	(+) en haut et à droite	Avec âme	Avec âme	11	11	»	»	»
3....	»	»	Sifflant	26-30	15	»	»	»	»	»	»	»	»
7....	Dynamo (65volts, 34amp)	Régulateur Cance	Stable	41	9	»	»	Sans âme	10	10	2,6	‖ arc	300
8....	»	»	Sifflant	34	10	»	»	»	»	»	»	»	»
13....	»	»	»	18,5	10,6	»	»	»	»	»	»	⊥ arc	480 (460, 500)
14 (1).	Dynamo	»	»	26	15	(+) en haut	»	Sans âme	8	8	»	»	445 (430, 460)
16 (2).	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»

(1) Self-induction dans le circuit de l'arc.
(2) Capacité aux bornes de l'arc.

possible, les conditions dans lesquelles j'ai obtenu les principales épreuves photographiques.

IV. D'après l'aspect des clichés 1 et 2 (*fig.* 3) qui se rapportent à des *arcs stables*, il est facile de voir qu'il n'y a aucune discontinuité dans de tels arcs.

Les discontinuités qui apparaissent dans les photographies obtenues avec des *arcs sifflants* sont dues à des déplacements ou à des mouvements tourbillonnaires de l'arc; ce fait n'est pas douteux si l'on examine le cliché 8 tiré parallèlement à la direction de l'arc et si on le compare au cliché 7 qui se rapporte à l'arc stable (*fig.* 4). Examinons les photographies d'arcs sifflants obtenues perpendiculairement à leur direction.

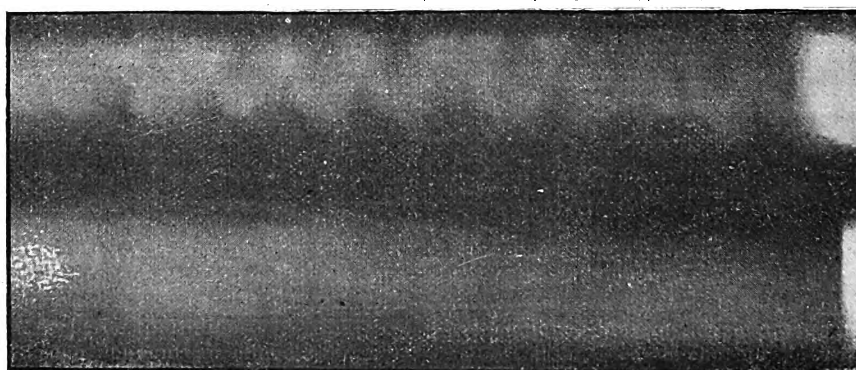


Fig. 4.

Comme l'a déjà signalé Mme Ayrton (1) et observé M. Trotter (2) par un procédé stroboscopique, il apparaît à la surface du cratère des cercles d'éclats différents semblables à de petits tourbillons.

Ces différences d'éclat donnent au cliché 3 (*fig.* 3), très généralement obtenu, son aspect caractéristique. Les cercles diversement éclairés ne sont que partiellement visibles à cause de la forme du cratère, en général conique, dont on n'aperçoit qu'une partie plus ou moins masquée par le charbon négatif et parfois par le charbon positif lui-même s'il se taille mal.

L'image apparaît alors comme formée par une succession de fractions de surfaces elliptiques qui ne sont

(1) *Écl. électr.*, 1899, p. 388.
(2) *Proc. Roy. Soc.*, t. LVI, 1894, p. 262.

éclairées et par suite n'impressionnent la plaque qu'alternativement par suite du mouvement de rotation de l'arc signalé. Les clichés 14 et 16, bien que se rapportant à des cas particuliers, sont particulièrement nets à ce point de vue. Quelquefois, comme dans le cliché 13, la pointe négative provenant d'un charbon à âme impressionne la plaque en même temps que les bords du cratère.

M. Trotter a estimé entre 50 et 450 tours par seconde la vitesse de rotation du mouvement tourbillonnaire; cette vitesse pour un même arc paraît bien augmenter avec l'intensité du courant. Pour des arcs sifflants différents, j'ai trouvé que, dans la majorité des cas, cette vitesse était voisine de 500 tours, mais qu'elle peut dépasser ce nombre et atteindre 800 et 1200 t : s.

Dans certains clichés, l'image apparaît non plus seulement sous la forme qu'elle a sur le cliché 3, mais cette image est striée régulièrement; par seconde, le nombre des petites bandes est environ 3000 pour l'image du côté du positif et quatre fois plus petit sur la bande négative. Peut-être ce cas se rapproche-t-il de celui d'un arc très sifflant, émettant une lumière bleue ou même verte, qui donne des images bordées en haut et en bas d'une infinité de petites flammèches?

Le cliché 14 (*fig.* 3) a été obtenu en mettant dans le circuit de l'arc une self-induction (gros électro-aimant Faraday-Carpentier avec fer dans les bobines); le cliché 16 (*fig.* 3) se rapporte à un arc aux bornes duquel on a mis une capacité de 2 microfarads. La self-induction ou la capacité paraissent changer le caractère de l'arc sifflant; la vitesse du mouvement tourbillonnaire semble plus grand que le nombre moyen observé 500 t : s [cliché 14 (1200), cliché 16 (700)]. Cependant on ne peut pas dire que ces phénomènes soient comparables aux discontinuités réelles d'une étincelle oscillante ou à celles moins rapides d'un arc à courant alternatif.

La méthode du miroir tournant n'indique aucune discontinuité, ni dans l'arc stable (*fig.* 5, cliché 20, traits *b*), ni dans l'arc sifflant (*fig.* 5, cliché 20, traits *a*).



Fig. 5.

V. En résumé, on peut conclure de mes expériences :

1° Que l'arc stable à courant continu obtenu entre charbons, à la manière ordinaire, c'est-à-dire sans conditions spéciales de self-induction et de capacité, ne présente aucune discontinuité réelle.

2° Que l'arc sifflant, obtenu dans les mêmes conditions, montre d'apparentes discontinuités dues à des déplacements de l'arc ou à des sortes de mouvements tourbillonnaires qui se traduisent par des différences d'éclat périodiques, principalement sur le cratère. La vitesse de ces mouvements rotationnels, en moyenne voisine de 500 tours par seconde, peut varier de 100 à 1200 t:s. Cette vitesse paraît augmenter avec l'intensité du courant, avec la self-induction et avec la capacité : ces deux dernières grandeurs électriques paraissent changer le caractère de l'arc sifflant.

3° Que l'arc sifflant, obtenu dans les mêmes conditions, ne présente aucune discontinuité apparente ou réelle plus rapide. La méthode du miroir tournant permet de conclure que la photographie n'indique, pour l'arc sifflant comme pour l'arc stable entre charbons, aucune trace d'un phénomène oscillatoire, analogue à une décharge, dont la période varierait entre $\frac{1}{100000}$ et $\frac{1}{200000}$ de seconde.

4° Que la méthode cinématographique instantanée

peut s'appliquer à l'étude d'un arc dans le circuit duquel on a disposé self-induction et capacités convenables, dont les électrodes sont dissemblables, c'est-à-dire à l'arc chantant.

5° Que la méthode du miroir tournant peut permettre d'analyser le phénomène de l'arc oscillant, dont on a encore changé, par rapport au précédent, les conditions électriques et les conditions de milieu, en donnant le moyen de fixer, comme pour la décharge oscillante, la valeur de la période si elle est de l'ordre de grandeur de $\frac{1}{1000000}$ de seconde. CHÉNEVEAU.

LAMPES A INCANDESCENCE.

Étude comparative de lampes à filaments métalliques et de lampes à filaments de carbone. — Nous avons procédé, depuis le mois d'octobre 1908 jusqu'en avril 1909, à un certain nombre d'essais de lampes à incandescence, tant à filaments métalliques qu'à filaments de carbone, essais dont les résultats nous semblent de nature à intéresser les lecteurs de cette Revue.

Ces essais avaient pour but de déterminer le choix à décider relativement au type de lampe à filaments métalliques le plus économique et le plus robuste, en même temps que de marquer l'économie réalisée sur les types à filaments de carbone d'intensité lumineuse voisine. Nous avons étudié en même temps des lampes à filaments de carbone de 5 et de 10 bougies afin de déterminer si, alors qu'on n'avait pas nécessairement besoin d'une grande intensité lumineuse, les lampes à filaments métalliques devaient être préférées.

Les essais ont porté sur les lampes à filaments métalliques de marque et de types suivants :

Osram : 25 bougies, 120 volts;
Z : 25 bougies, 120 volts;
Métal : 25 et 32 bougies, 120 volts;
M. S. : 32 bougies, 120 volts;
Sirius colloïd : 25 et 32 bougies, 120 volts;
Tantale : 16, 25 et 32 bougies, 120 volts;

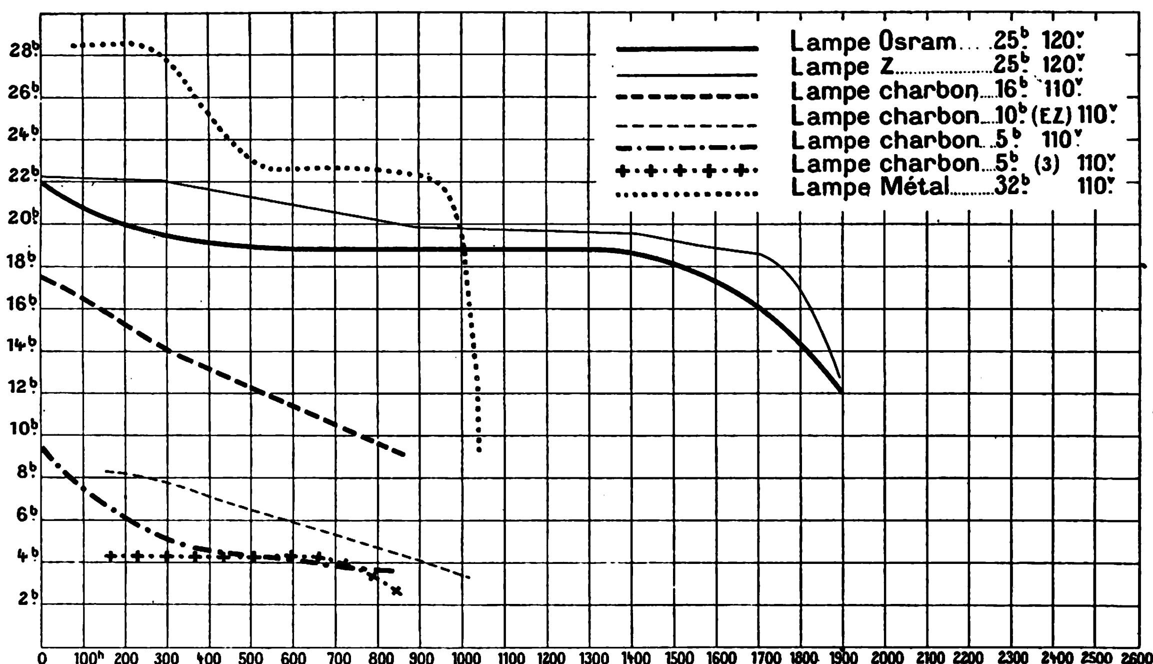


Fig. 1.

et sur des lampes à filaments de carbone des types et marques suivants :

S. H. : 16 bougies, 110 volts; 10 bougies, 110 volts; 5 bougies, 110 volts.
E. Z. : 10 bougies, 110 volts; 5 bougies, 110 volts.

L'intensité lumineuse était mesurée au moyen d'un photomètre Mascart, en plaçant chaque lampe à une distance constante (1^m) de l'écran.

On estimait l'intensité dans un plan équatorial passant à égale distance des extrémités des filaments et perpendiculaire à l'axe de la lampe, lequel était disposé verticalement, la douille en haut. Ces mesures d'intensité n'ont aucune valeur absolue, bien que les graduations du photomètre aient été repérées en tenant compte de l'intensité lumineuse produite par la lampe Carcel réglée suivant les indications usuelles et dépensant 42^g d'huile à l'heure. Par contre, les mesures sont comparatives, car on a pris soin d'encadrer chaque série de mesures par deux mesures faites en se servant de lampes neuves (une lampe Osram et une lampe Z) qui n'étaient mises en service que lors de chaque me-

sure et le temps strictement nécessaire à la mesure de leur intensité. La constance de cette intensité avant et après chaque série de mesures, et d'une mesure à l'autre, servait à contrôler la comparabilité des déterminations faites à plusieurs jours d'intervalle.

Le Tableau suivant et les courbes qui le traduisent résument les essais faits pendant une durée maximum de 1900 heures avec des lampes à filaments métalliques et à filaments de carbone alimentés par du courant continu.

ÉTUDE DE LAMPES. — *Premier essai sur courant continu.*

	OSRAM 25 bougies, 120 volts.		Z 25 bougies, 120 volts.		TANTALE 16 bougies, 120 volts.		CHARBON 16 bougies, 110 volts.		CHARBON 10 bougies, 110 volts.		CHARBON 10 bougies, 110 volts (EZ).		CHARBON 5 bougies, 110 volts.		CHARBON 5 bougies, 110 volts (Z).		MÉTAL 32 bougies, 110 volts.		SIRIUS COLLOÏD 25 bougies, 110 volts.	
h m	bougies	watts	bougies	watts	bougies	watts	bougies	watts	bougies	watts	bougies	watts	bougies	watts	bougies	watts	bougies	watts	bougies	watts
0. 0	22	21 (1) 0,95	22,2	22,4 (1) 1,01	"	"	17,5	52,2 (1) 3,04	10,1	29,08 (1) 2,88	"	"	9,5	21,95 (1) 2,31	"	"	"	"	"	"
88. 5	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	28,43	31,36 (1) 1,1	"	"
90. 0	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	25	30 (1) 1,2 cassée après 250h à peine
152.25	"	"	"	"	20,22	36,96 (1) 1,82	15,96	52,64 3,2	8,42	29,68 (1) 3,52	8,27	24,31 (1) 2,93	6,49	21,18 (1) 3,27	4,23	16,57 (1) 3,91	"	"	"	"
236.41	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	28,43	30,8 1,08	"	"
301. 1	"	"	22	28,8 1,3	19	35,2 1,85	14	49,15 3,53	7,16	28,6 3,99	7,78	23,1 2,96	5,35	19,8 3,7	4,33	16,5 3,81	"	"	"	"
550.10	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	22,77	30,8 1,35	"	"
614.30	19	26,4 1,37	"	"	18,9	37,4 1,97 cassée après 697h 50m	11,3	47,3 4,1	"	"	5,68	23,1 4	4,1	19,8 4,82	4,33	16,5 3,81	"	"	"	"
796.41	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	22,74	30,8 1,35	"	"
861. 1	"	"	20	28,8 1,44	"	"	9,09	41,8 4,59 cassée après 950h	"	"	4,4	22 5	3,49	19,8 5,67	2,74	15,4 5,62	"	"	"	"
942.56	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	22	30,8 1,4	"	"
1007.16	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	3,5	22 6,28	3,24	18,7 5,77	2,45	15,4 6,28	"	"	"	"
1041.21	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	9,1	27,5 3,02	"	"
1105.41	18,9	25,2 1,33	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
1352.31	18,2	25,2 1,38	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
1420.11	"	"	19,7	28,8 1,46	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
1559. 0	"	"	19	30 1,55	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
1679.30	16,2	25,2 1,55	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
1727. 0	"	"	18,5	30 1,63	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
1895. 0	12,1	25,2 2	12,9	30 2,3	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"

(1) $\frac{\text{watts}}{\text{bougie}}$.

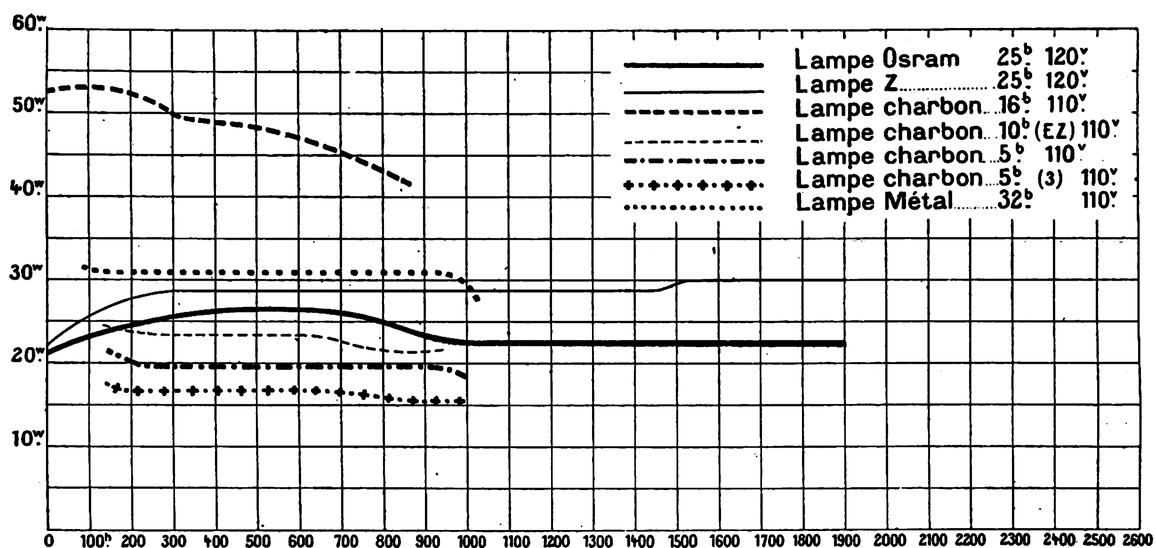


Fig. 2.

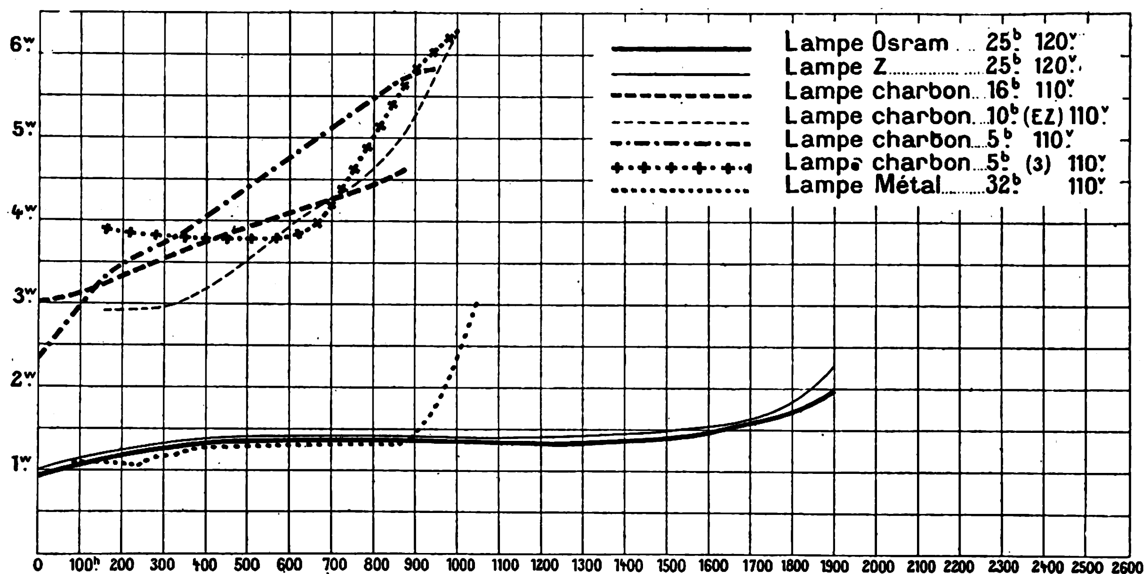


Fig. 3.

Les deux Tableaux de mesures qui suivent et les courbes qui les traduisent ont trait à des essais de lampes à filaments métalliques, faits simultanément en entretenant un groupe de lampes avec du courant continu et un autre groupe de lampes des mêmes types avec du courant alternatif à 50 périodes. Les essais furent poursuivis pendant une durée qui atteignit 2600 heures et, au bout de ce temps, la dépense par bougie de la lampe Osram et de la lampe Z était encore inférieure à la dépense par bougie d'une lampe Tantale neuve.

ÉTUDE DE LAMPES. — *Deuxième essai sur courant continu.*

	OSRAM 25 bougies, 120 volts.			Z 25 bougies, 120 volts.			MÉTAL 32 bougies, 120 volts.			MS 32 bougies, 120 volts.			SIRIUS COLLOÏD 32 bougies, 120 volts.		
h m	bougies	watts/bougie	watts	bougies	watts/bougie	watts	bougies	watts/bougie	watts	bougies	watts/bougie	watts	bougies	watts/bougie	watts
0. 0	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//
23. 0	21,6	1,27	27,6	27,5	1,17	32,4	28,4	1,31	37,2	26,7	1,2	32,4	32,4	0,96	31,2
										cassée 5 jours après					
161.10	//	//	//	27,2	1,19	32,4	25,9	1,43	37,2	//	//	//	28,4	1,09	31,2
328.40	19	1,51	28,8	21,1	1,42	30	23,9	1,55	37,2	//	//	//	21,6	1,44	31,2
664.20	18,5	1,55	28,8	20,2	1,43	30	22,7	1,69	38,4	//	//	//	21,1	1,47	31,2
830.25	//	//	//	//	//	//	22,7	1,69	38,4	//	//	//	20	1,62	32,4
996.45	//	//	//	//	//	//	17,1	2,24	38,4	//	//	//	19,7	1,64	32,4
							cassée après 996h 45								
1159.30	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	19,7	1,64	32,4
													cassée au bout de 1159h 30m		
1322.10	18,2	1,58	28,8	18,9	1,53	30	//	//	//	//	//	//	//	//	//
1489.10	18,2	1,58	28,8	18,5	1,62	30	//	//	//	//	//	//	//	//	//
1613.35	//	//	//	18,1	1,65	30	//	//	//	//	//	//	//	//	//
1781. 5	18,1	1,59	28,8	18,1	1,65	30	//	//	//	//	//	//	//	//	//
1948.30	17,9	1,59	28,6	18,1	1,65	30	//	//	//	//	//	//	//	//	//
2358. 0	17,6	1,60	28,2	18	1,66	30	//	//	//	//	//	//	//	//	//
2594.30	16,5	1,67	27,6	17,8	1,68	30	//	//	//	//	//	//	//	//	//

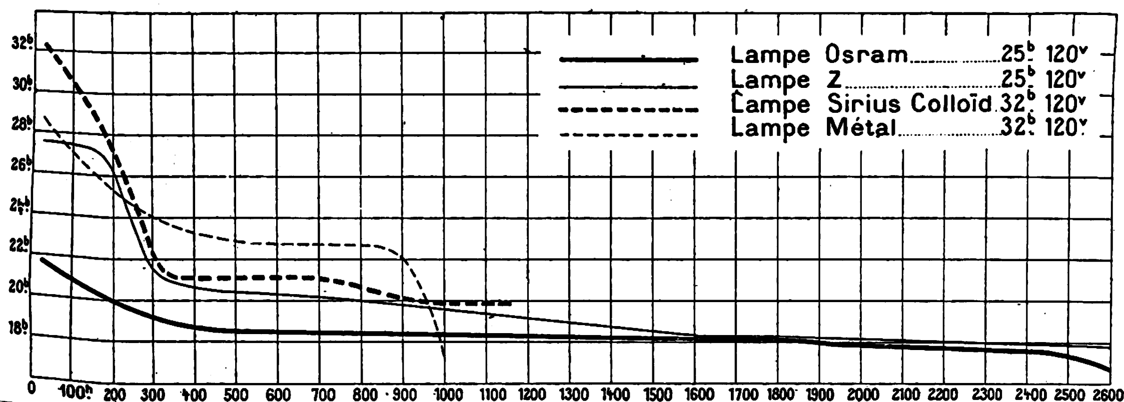


Fig. 4.

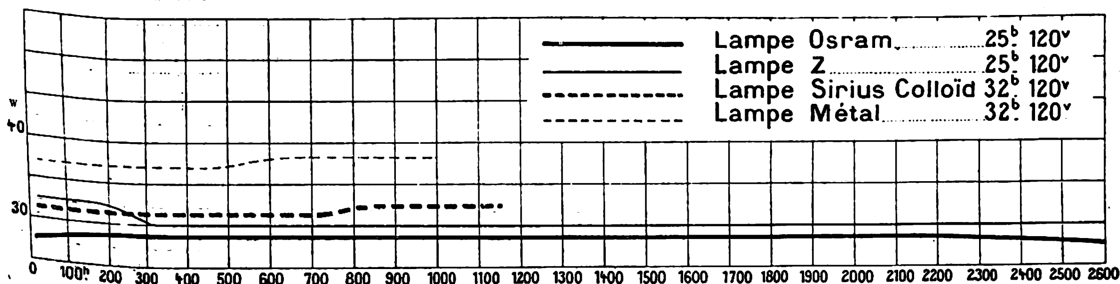


Fig. 5.

ÉTUDE DE LAMPES SUR L'ALTERNATIF.

	OSRAM 25 bougies, 120 volts.			Z 25 bougies, 120 volts.			MÉTAL 25 bougies, 120 volts.			MS (1) 32 bougies, 120 volts.			MS (2) 32 bougies, 120 volts.			TANTALE 16 bougies, 120 volts.			TANTALE 25 bougies, 120 volts.			TANTALE 32 bougies, 120 volts.		
h m	boug.	watts/boug.	watts	boug.	watts/boug.	watts	boug.	watts/boug.	watts	boug.	watts/boug.	watts	boug.	watts/boug.	watts	boug.	watts/boug.	watts	boug.	watts/boug.	watts	boug.	watts/boug.	watts
0. 0	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	21,6	1,83 cassée après 4 jours	39,6	23,9	1,60	38,4	28,4	1,60	45,6
23. 0	20,4	1,35	27,6	21,6	1,44	31,2	30,3	1,24	37,8	31,3	1,7 cassée après 24h et remplacée par MS (2)	55,2	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″
46.50	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	23,9	1,60	38,4	″	″	″
113.30	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	29,3	1,14	33,6	″	″	″	″	″	″	″	″	″
158. 5	20,2	1,39	28,2	19,6	1,56	30,6	28,4	1,33	37,8	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″
276. 0	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	23,9	1,35	32,4	″	″	″	″	″	″	″	″	″
321. 6	20,2	1,39	28,2	18,9	1,58	30	28,4	1,33	37,8	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″
376.30	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	18	2	36	″	″	″
441. 0	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	21,6	1,50 cassée après 441h	32,4	″	″	″	″	″	″	″	″	″
484. 1	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	25	1,87	45,6
538.11	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	16	2,25	36	″	″	″
643.46	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	22,7	2	45,6
650.45	19	1,51	28,8	18,9	1,58	30	26,7	1,43	38,4	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″
696. 1	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	16	2,25	36	″	″	″
807. 6	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	22,7	2	45,6
860.31	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	16	2,25	36	″	″	″
927.51	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	22,7	2	45,6
970.16	18,5	1,55	28,8	18,9	1,58	30	26,6	1,44	38,4	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″
1020 16	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	15,5	2,32	36	″	″	″
1092.26	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	22,1	2,06	45,6
1183.36	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	15,5	2,32	36	″	″	″
1256.51	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	21,6	2,11	45,6
1294 31	18,2	1,58	28,8	18,9	1,58	30	26,6	1,44	38,4	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″
1304.21	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	15	2,40 cassée, puis ressoudée	36	″	″	″
1457.51	18,2	1,58	28,8	18,9	1,58	30	23,3	1,59	37,2	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″
1468.56	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	15	2,48	37,2	″	″	″
1578.36	18,2	1,58	28,8	18,5	1,62	30	22,7	1,62	37,2	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″
1633.21	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	15	2,48 cassée au bout de 1729h	37,2	″	″	″
1678.41	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	18,5	2,46	45,6
1743.11	18	1,58	28,8	18,5	1,62	30	22,7	1,62	37,2	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″
1907.36	17,5	1,58	27,8	18,5	1,62	30	22,1	1,68	37,2	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″
2329.26	18,4	1,58	27,6	18,1	1,65	30	10,1	3,44 noircie	34,8	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″
2560.51	16,2	1,70	27,6	17,1	1,75	30	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″

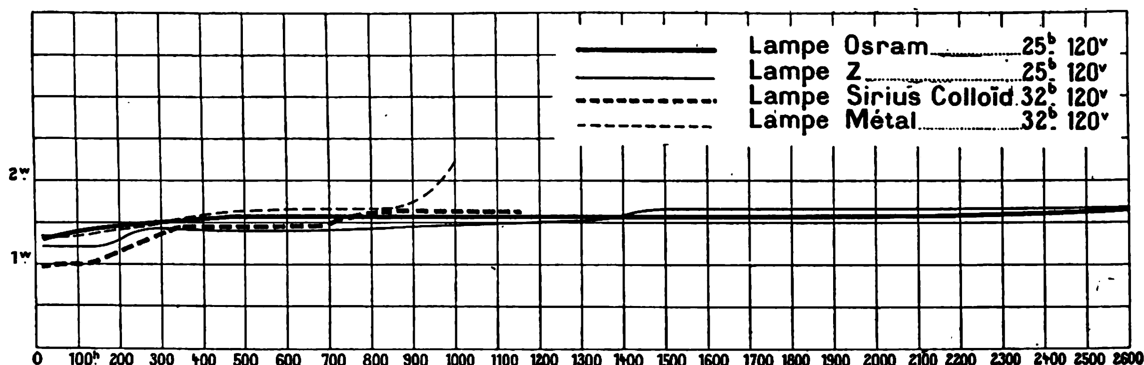


Fig. 6.

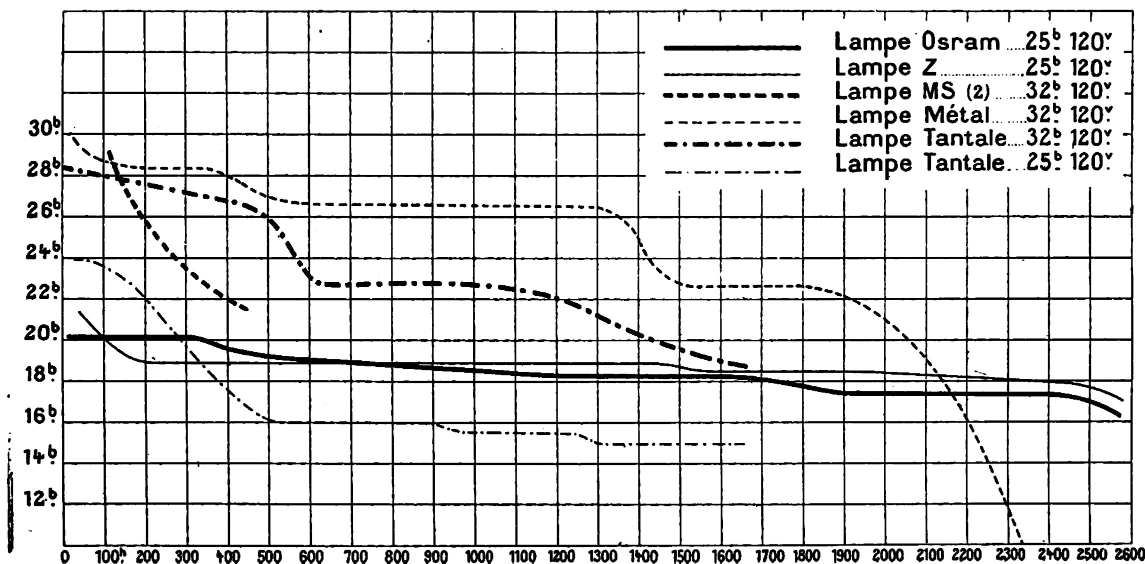


Fig. 7.

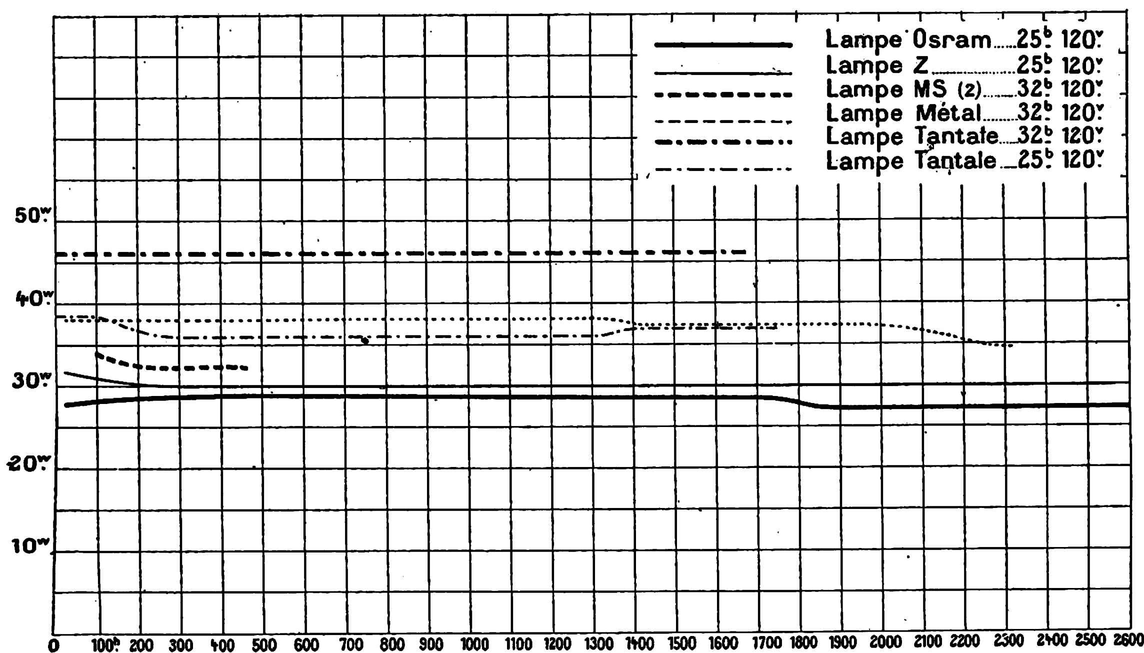


Fig. 8.

Les résultats de ces essais tendent à prouver qu'au point de vue économique la lampe Osram et la lampe Z s'équivalent et que les types 16 bougies, 120 volts, sont encore utilisables après 2600 heures.

Quelques essais faits relativement à la fragilité de ces deux lampes tendent à prouver que, toutes choses égales d'ailleurs, la lampe Osram 16 bougies, 120 volts, est moins fragile que la lampe Z du même type.

Pour compléter ces essais, nous avons mis en service, après en avoir mesuré l'intensité, dans l'amphithéâtre de Physique de la Faculté des Sciences de Poitiers, neuf lampes, dont trois lampes Osram et trois lampes Z 25 bougies, 120 volts, et trois lampes métal 32 bougies, 120 volts. Ces neuf lampes se trouvent commandées par le même interrupteur et subiront dès lors exactement les mêmes variations de voltage, les

mêmes nombres d'extinction et d'allumage. Elles nous permettront par suite, lorsque leur durée d'allumage sera suffisante, de constater si les qualités reconnues au cours de ces essais, poursuivis sans interruption et sous voltage très sensiblement constant, se maintiennent ou non dans les conditions de la pratique journalière et

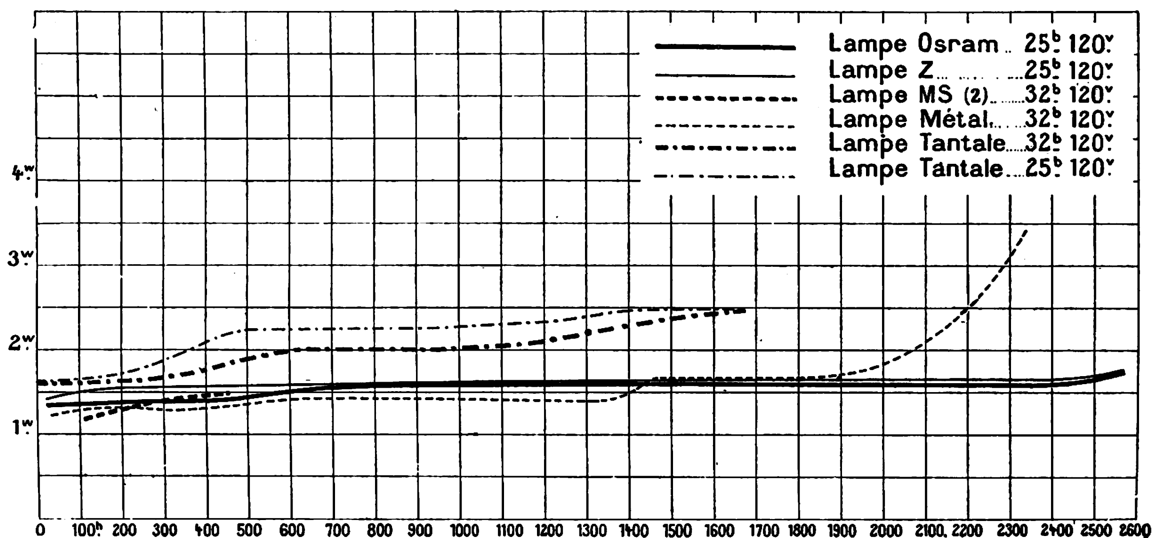


Fig. 9.

avec les variations de voltage inhérentes aux réseaux distribuant lumière et énergie. Nous ferons connaître plus tard les résultats obtenus qui compléteront ces premiers renseignements.

A. TURPAIN,
Professeur à l'Université de Poitiers.

H. NICOULEAU,
Chef des travaux physiques
à l'Université de Poitiers.

Procédé pour l'élimination du charbon dans les filaments de tungstène. WOLLFRAM LAMPEN A. G. (Brevet anglais 10 891, 1908, accordé le 10 juin 1909). — Les filaments sont portés au rouge par un courant électrique dans une atmosphère d'hydrogène et d'hydrogène sulfuré. Ce dernier est décomposé; le soufre se combine avec le charbon du filament, tandis que l'hydrogène réduit les sulfures métalliques qui pourraient se former. Le mélange gazeux doit être employé sous assez faible pression; il ne doit contenir aucune trace d'air ou de vapeur d'eau.

Procédé de fabrication de filaments de tungstène. W.-D. COOLIDGE (Brevet anglais 17 621, 1908, accordé le 10 juin 1909). — Du tungstène en poudre fine, obtenu par réduction du trioxyde, est mélangé avec une substance agglutinante composée de 42 parties de cadmium, 53 de mercure et 5 de bismuth. Le mélange, qui renferme de 30 à 40 pour 100 de tungstène, est filé et les filaments sont desséchés dans un four ouvert pendant 15 à 45 minutes, puis chauffés à 1800° en présence d'hydrogène dans des récipients en graphite jusqu'à ce que tous les corps autres que le tungstène soient vaporisés.

Procédé de fabrication de filaments de tungstène. SIEMENS et HALSKE (Brevet anglais 19 311, 1908, accordé le 3 juin 1909). — On commence par préparer un alliage ductile de tungstène et de nickel par réduction d'un mélange de tungstate de nickel et d'anhydrique tungstique. L'alliage est alors étiré en filaments, et ceux-ci sont chauffés dans le vide de manière à faire disparaître le nickel par volatilisation.

ÉLECTROCHIMIE ET ÉLECTROMÉTALLURGIE.

GÉNÉRALITÉS.

L'industrie électrochimique en Suisse. — Dans le *Moniteur officiel du Commerce* du 6 mai, M. Maurice de Coppet publie sur cette question un intéressant article où il examine la situation actuelle des nombreuses usines suisses utilisant l'énergie électrique à la fabrication des produits chimiques, usines que l'auteur divise en trois catégories suivant que l'utilisation du courant s'opère par voie humide, par voie sèche ou par effluve. La *Revue générale des Sciences* du 15 juin résume comme il suit cet article :

Les usines de la première catégorie (électrolyse par voie humide) produisent la soude, la potasse, les chlorures et les chlorates. La plus ancienne, établie en 1890, au Day, près de Vallorbe, avec un capital de 4400000^{fr}, est d'origine française; elle dispose d'une puissance de 2700 chevaux et occupe une centaine d'ouvriers. Avec le chlorure de potassium, importé de Saxe, elle prépare le chlorate de potasse et la potasse caustique. La deuxième, fondée en 1895, à Türgi, sur l'Aar, est beaucoup moins importante; elle fabrique, en outre, le chlore et la soude caustique. Une autre entreprise française, la Société universelle d'explosifs, produit à Jussy, près de Genève, le perchlorate de potasse. Enfin, la Fabrique bâloise de produits chimiques, fusionnée avec la Société pour l'industrie chimique de Bâle, vient d'acquérir l'usine de Monthey qui se livrait à la production du chlorure de chaux; l'avilissement des prix de cette matière a nécessité une transformation. Dorénavant, le chlore sera utilisé à la fabrication des produits des industries bâloises : indigo synthétique, chloral, chloroforme, etc.

La production de ces fabriques ne peut être évaluée que très approximativement, mais l'exportation est mieux connue; elle comprend surtout les chlorates, avec une moyenne annuelle de 1675 tonnes, destinée en bonne partie au Japon, le chlorure de chaux, dont les chiffres ont passé de 1533 tonnes, en 1904, à 201 tonnes en 1908; quant à la potasse et à la soude caustique, l'exportation en est insignifiante.

Les usines de la seconde catégorie (voie sèche) préparent au four électrique, soit par l'électrolyse, soit par la chaleur du courant, l'aluminium, le sodium, le carbure de calcium, les produits azotés et les alliages de métaux. La plus ancienne a été fondée à Neuhausen, en 1888; elle fabrique l'aluminium par le procédé Héroult et dispose d'une force de 4000 chevaux captée à la chute du Rhin. Cette entreprise est très prospère; elle a créé d'autres usines: en 1898, à Rheinfelden badois (5000 chevaux); en 1899, à Lend et à Ramis (15000 chevaux), dans le Salzbourg; en 1905, à Chippis, (60000 chevaux), dans le Valais; en 1908, à Saint-Louis, près de Marseille, pour la production de l'alumine au moyen de la bauxite de l'Estérel; en 1907, à Goldschmieden, en Silésie. Enfin, la Société a, depuis 1905, des participations financières dans des entreprises de fabrication d'acier électrique. L'aluminium est fabriqué à Neuhausen et à Chippis (1); pendant les premières années, la société suisse a dirigé le marché de ce métal; la production de ses différentes usines a passé de 237 tonnes en 1892 à 4000 tonnes en 1907 (2); mais, dès 1900, la production américaine (États-Unis et Canada) atteignait 3000 tonnes et passait à 8000 en 1907; celle de la France s'élevait dans le même intervalle de 1000 à 3396 tonnes (1906). L'aluminium, qui valait 59^{fr} le kilogramme en 1888, tombait à 2^{fr},50 en 1900. Pour enrayer la baisse, cinq des plus grandes fabriques, parmi lesquelles la Société de Neuhausen, formèrent une entente (Syndicat de vente) qui parvint à relever les prix jusqu'à 4^{fr} et 5^{fr}. Il en résulta une baisse de la consommation et des tentatives de remplacer l'aluminium par le ferro-silicium notamment. Les prix ont dû être réduits et le syndicat s'est dissous à la date du 1er octobre 1908. La cote actuelle est de 1^{fr},60, alors que le prix de revient serait de 1^{fr},30.

Le sodium, déjà fabriqué en Allemagne et à Rioupéroux (Isère), est produit à Martigny (4000 chevaux), depuis 1907, par une usine française et le sera bientôt à Monthey par l'usine bâloise.

Le carbure de calcium était produit en Suisse, dès 1894, par la Société de Neuhausen et par huit autres fabriques, disposant d'une puissance totale de 22000 chevaux. De 600^{fr} la tonne, en 1896, les prix tombèrent à 350^{fr} en 1900, en même temps qu'éclatait une crise de surproduction. Quatre fabriques suisses furent arrêtées; les autres adhérèrent au Syndicat international constitué en France et qui s'est dissous l'an dernier. La situation s'améliora à tel point que l'exportation suisse a passé de 4286 tonnes, en 1901, à 17560 tonnes, en 1908; elle est dirigée presque tout entière vers l'Allemagne où le carbure entre en franchise. Pendant cette période, les prix ont baissé de 300^{fr} à 250^{fr}; ils sont actuellement un peu au-dessous de 200^{fr}, approchant du prix de revient, 157^{fr} environ (3). Dix fabriques produisent actuellement en Suisse le carbure de calcium : la Société de Neuhausen; les usines de la Lonza, avec leurs trois fabriques de Gampel (Valais) (7500 chevaux), Thusis (Grisons) (6000 chevaux) et Chèvres près Genève (1000 chevaux); cette société, qui est, avec celle de Neuhausen, la plus

(1) Une Société anglaise, la British Aluminium C°, fait construire en ce moment dans le Valais, à Orsières, une grande fabrique de ce métal.

(2) Sur ces chiffres, la part qui revient aux deux usines est évaluée actuellement de 1200 à 1500 tonnes; l'exportation (1038 tonnes en 1908) est destinée principalement à l'Allemagne et à la Russie.

(3) La production mondiale annuelle du carbure de calcium a été récemment évaluée à 180000 tonnes, dont la moitié pour la Norvège seule; la part de la Suisse, d'après M. de Coppet, serait de 20 à 25000 tonnes.

importante des entreprises suisses de ce genre, est intéressée à l'entreprise niçoise d'électrochimie (usine à Plan du Var), et elle aménage actuellement une nouvelle installation à Viège (Valais) (11000 chevaux); la Société franco-suisse d'Électrochimie, qui a son siège à Lyon, possède deux établissements à Satigny et à Vernier, dans le canton de Genève; enfin, d'autres usines existent encore à Gurtnellen (Uri), Türgi, Flums (Saint-Gall) et Vernayaz (Valais).

La cyanamide est fabriquée par les usines de la Lonza, ainsi qu'à Martigny (Valais). Le ferro-silicium, le ferrochrome, l'acier sont produits à Gurtnellen, Vernayaz, Courtenin et Montbovon (Fribourg). Une autre usine est en construction à Bodio (Tessin). 2100 tonnes de ces alliages ont été exportées en 1908.

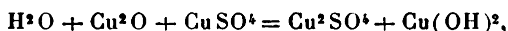
En ce qui concerne l'acide nitrique et les nitrates, ce sont plutôt des études et des essais de laboratoire que nous aurions à enregistrer. Comme pour la branche précédente, par le fait de l'absence de minerais, il ne semble pas que la Suisse soit appelée à donner un grand développement à la fabrication des produits azotés, qui nécessitent des forces considérables et facilement exploitables, telles qu'on les trouve plus aisément en Norvège.

ÉLECTROLYSE.

Contribution à l'étude de l'électrolyse des solutions de sulfate de cuivre, par JEAN MEYER (*Zeitschrift f. Elektrochemie*, t. XV, 1er février 1909, p. 65). — La théorie de Fœrster, Seidel, Abel et d'autres auteurs sur l'électrolyse des solutions de sulfate de cuivre n'explique pas le phénomène d'une manière exacte.

Cette théorie indique que la quantité d'oxydule qui se forme à chaud par l'électrolyse de $CuSO^4$, au potentiel de décomposition du cuivre, correspond à 2.96540 coulombs pour $Cu^2O = 143,2$. Le rendement en oxydule est en réalité beaucoup plus petit et correspond à $1\,Cu^2O = 4.96540$ coulombs.

L'oxydule de cuivre peut se dissoudre dans le sulfate de cuivre, dans certaines conditions et particulièrement à chaud. Cette solution est habituellement accompagnée d'une séparation d'un sel basique verdâtre de composition variable et sans propriétés réductrices qui paraît être identique à celui qu'obtenait Tommasi en faisant bouillir une solution de sulfate de cuivre. Cette solution secondaire d'oxydule est peut-être l'origine de la formation de sulfate cuivreux correspondant à l'hypothèse



$$H^2O + Cu^2O + CuSO^4 = Cu^2SO^4 + Cu(OH)^2,$$

CuO s'unissant à x molécules de $CuSO^4$ pour former un sel basique. Cette formation d'oxydule à la cathode repose sur la même action que sa formation à l'anode. Elle résulte de la redissolution simple du cuivre dans le sulfate de cuivre conformément à l'équation réversible



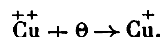
$$Cu + CuSO^4 + H^2O \rightleftharpoons Cu^2O + H^2SO^4.$$

Elle est indépendante du courant et de la concentration des ions cuivreux. Le phénomène est purement chimique et analogue à la redissolution du cuivre dans le chlorure cuivrique. En principe il n'y a, à ce point de vue, aucune différence dans les actions qui ont lieu avec une solution de chlorure cuivreux et avec une solution de sulfate cuivreux.

Abel a encore trouvé que les rendements dans le voltamètre de cuivre augmentent lorsqu'on diminue la concentration de l'électrolyte. Cette observation s'explique complètement par l'hypothèse précédente, car l'influence dissolvante est d'autant plus intense que la concentration de l'électrolyte en sulfate de cuivre est forte.

Il est possible de déterminer très exactement et facilement la quantité de l'oxydule en présence du cuivre métallique. Il suffit de traiter le mélange à l'aide d'une solution neutre d'alun de fer qui est retitrée au permanganate après acidulation. Cette détermination permet, à l'aide d'une formule simple, de déterminer les deux quantités cherchées. C'est ainsi que la formation anodique de l'oxydule a été étudiée ici.

On peut obtenir un précipité de cuivre métallique pur en opérant à un potentiel inférieur à celui du cuivre, en solution de sulfate de cuivre acide et chaude à l'abri de l'air. Le phénomène de Bose ne peut donc pas être exclusivement une conséquence d'une décharge partielle des ions cupriques conformément à l'équation d'Abel



$$\overset{++}{Cu} + \theta \rightarrow \overset{+}{Cu}.$$

L. J.

Galvanoplastie rapide, par R. KURZMANN (*Elektrochemische Zeitschrift*, t. XVI, avril 1909, p. 28). — On s'efforce de plus en plus d'accélérer la production des dépôts galvaniques. La difficulté est d'obtenir un bon dépôt en utilisant une grande densité de courant. Lorqu'on emploie une densité de courant trop forte, la solution en contact avec la cathode s'appauvrit rapidement en cuivre, et le dépôt devient mauvais. A l'anode, le cuivre se dissolvant moins vite qu'il ne se dépose à la cathode, la solution devient de plus en plus pauvre en cuivre.

On remédie à cet inconvénient en employant des dispositifs destinés à agiter le bain et à maintenir homogène sa concentration. Malheureusement ces procédés ne peuvent pas toujours être employés. Dans ces cas, Maximowitsch obtient de bons résultats en disposant les électrodes horizontalement et de telle sorte que l'anode se trouve au-dessous de la cathode. La solution plus concentrée produite au voisinage de l'anode par la dissolution du cuivre descend par son propre poids et vient remplacer la solution épuisée qui entoure la cathode. Celle-ci est donc en contact avec une solution constamment renouvelée.

Pour éviter que des petites particules métalliques ne tombent de l'anode sur la cathode, on place entre les deux électrodes un cadre sur lequel est tendu un tissu de soie écrue.

Pour obtenir avec ce procédé un beau dépôt, dense et solide, Schönbeck recommande de constituer le bain à l'aide de 250^g de sulfate de cuivre cristallisé et 25^g d'acide sulfurique concentré pour 1000^g d'eau. Les densités de courant les plus favorables sont de 6 à 10 ampères par décimètre carré. L'éloignement des électro des est de 8^{cm} et la tension du bain atteint 0,8 volt. L. J.

BIBLIOGRAPHIE (¹).

Leçons sur les alliages métalliques, par J. CAVALIER, Professeur honoraire à la Faculté des Sciences de Rennes, Recteur de l'Académie de Poitiers. 1 vol. 25 × 16 de 466 p. avec 24 planches. Vuibert et Nony, éditeurs.

Les alliages ont été depuis 20 ans l'objet de travaux innombrables, et, si l'on ne connaît pas encore bien pour certains le détail des transformations qui s'y produisent, on possède maintenant une bonne vue d'ensemble de leur constitution, de leur structure et de leurs propriétés. A côté de publications très étendues comme celle de M. Guillet, il y avait place pour un livre présentant l'ensemble des connaissances acquises et les reliant aux lois physico-chimiques. C'est ce livre qu'a écrit M. Cavalier, avec une clarté et une documentation parfaites. Les multiples questions auxquelles touche l'étude des alliages sont exposées de manière simple et nette, de sorte que le lecteur trouvera dans cet Ouvrage non seulement une excellente étude des propriétés des alliages, mais, à cette occasion, des vues précises sur beaucoup de questions générales de physico-chimie (loi des phases, transformations des solides, constitution des mélanges, solutions solides, propriétés magnétiques, etc.), un exposé des procédés métallographiques, les procédés de mesure des températures élevées et des températures de transformation.

L'Ouvrage est divisé en deux Parties : *Généralités* (214 p.), et *Étude particulière des alliages* (240 p.). La première comprend une étude générale des métaux industriels, puis : préparation des alliages, constitution, étude chimique, métallographie, solidification et fusion, transformations des alliages solides, trempe, propriétés physiques et mécaniques, essais mécaniques. La deuxième comprend l'étude des principaux alliages, au point de vue scientifique et au point de vue pratique, en particulier celle des alliages fer-carbone et les aciers spéciaux.

Les électriciens trouveront dans cet Ouvrage un exposé net et très au courant (avec les indications bibliographiques) de questions complexes qui les intéressent directement par bien des points, les alliages fournissant des matériaux électrotechniques variés.

CH. MAURAIN.

Le Mécanicien-Wattman, par L.-PIERRE GUDOYÉ et PAUL LIOT. Un vol. $21^{cm} \times 14^{cm}$, 772 p., 590 fig. H. Dunod et E. Pinat, éditeurs. Prix : broché, 10^{fr}; cartonné, $11^{fr},25$.

En raison du développement rapide et continu des transports automobiles sur rail et sur route, et des applications nouvelles et presque journalières de ce mode de transport aux services les plus divers, un grand nombre de personnes ont à s'occuper des véhicules mécaniques. L'ouvrage que viennent de publier MM. Guédon et Liol, deux praticiens bien connus du monde automobiliste, leur permettra d'acquérir sans trop de peine les connaissances indispensables, non seulement pour surveiller la conduite et l'entretien de ces véhicules, mais encore pour les mettre à même de les conduire dans les meilleures conditions économiques.

Machines-outils, outillage, vérificateurs, notions pratiques, par P. GORGEU, capitaine d'artillerie. Un vol. $25^{cm} \times 16^{cm}$, 232 p., 200 schémas. Gauthier-Villars, éditeur. Prix : broché, $7^{fr},50$.

Cet ouvrage a été écrit particulièrement pour les officiers d'artillerie détachés dans les établissements de construction. Mais il s'adresse aussi à tout jeune ingénieur qui n'a pas encore acquis les notions pratiques qui lui sont indispensables pour surveiller d'une façon efficace : 1° la marche, l'entretien et l'utilisation rationnelle des machines-outils ; 2° la confection et l'entretien de l'outillage ; 3° la confection et l'emploi des vérificateurs.

L'auteur n'a envisagé que les machines-outils proprement dites et, parmi celles-ci, que les machines employées pour le travail des métaux à froid et pour le travail du bois. Un chapitre fort intéressant est consacré aux appareils de vérification : vérificateurs de forme, vérificateurs de dimensions, vérificateurs totaux.

Répertoire des Industries Gaz et Électricité, édition 1909. — Un volume in-12, relié toile anglaise, de 725 pages. En vente aux bureaux du *Journal de l'Éclairage au Gaz et à l'Électricité* 7, rue Geoffroy-Marie, Paris. Prix net : 3^{fr} (franco : départements, $3^{fr},50$; étranger, 4^{fr}).

Dans la partie consacrée à l'Électricité, le Répertoire, continuant la tradition qu'il a innovée, publie une liste complète des stations d'électricité classées par ordre alphabétique. Un autre chapitre donne la liste de tous les installateurs électriciens de toutes les villes de France possédant une station d'électricité. Enfin, une double liste de classification par départements et par ordre alphabétique indique, en regard les unes des autres, les usines à gaz et les stations centrales, y compris les communes desservies par l'une ou l'autre distribution.

(¹) Il est donné une analyse bibliographique de tout Ouvrage dont *deux* exemplaires sont adressés à la Rédaction.

VARIÉTÉS. — INFORMATIONS.

JURISPRUDENCE ET CONTENTIEUX.

SOMMAIRE. — *Lorsque le cahier des charges de la concession du service de l'éclairage électrique public et privé d'une ville limite l'exploitation à l'emploi de la force produite par une chute déterminée, le concessionnaire doit être considéré comme ayant rempli ses obligations si l'usine qu'il a construite a une puissance égale et même supérieure à la force hydraulique produite par cette chute.*

Dans le cas où le concessionnaire, voulant étendre le service de l'éclairage au delà de la limite de la force hydraulique spécifiée au cahier des charges, a réalisé cette extension en achetant ou en louant le courant électrique nécessaire à un tiers, la ville ne saurait prétendre qu'il était tenu de le produire lui-même dans son usine agrandie ou aménagée à cet effet, alors qu'aucune disposition du cahier des charges et des conventions additionnelles n'impose cette obligation audit concessionnaire.

Il en est ainsi alors surtout que le concessionnaire ne conteste pas que toutes les constructions, canalisations et installations quelconques, par lui faites sur le territoire de la commune, doivent en fin de concession, revenir, par application d'une disposition du cahier des charges, à la ville concédante.

Cette décision du Conseil d'État a été rendue sur le recours formé par la commune de Vence (Alpes-Maritimes), contre un arrêté du Conseil de Préfecture des Alpes-Maritimes en date du 16 janvier 1906, qui avait rejeté sa prétention d'obliger le concessionnaire de l'éclairage électrique, M. Pascal, à cesser d'emprunter à une usine génératrice du voisinage, l'usine du Loup, le courant que la force hydraulique de sa propre usine se trouvait insuffisante à lui assurer pour le service de l'éclairage public et privé de la commune.

Nous avons longuement rendu compte de cette affaire, lorsque nous avons commenté la circulaire n° 76 du Syndicat, l'arrêté rendu par le Conseil de Préfecture des Alpes-Maritimes. Rappelons en quelques lignes les circonstances du procès:

La commune de Vence avait concédé à M. Pascal le service de son éclairage public et privé, en limitant, aux termes de l'article 16 du contrat de concession, son obligation de fournir le courant « à la force produite par les sources du Riou et des Sourcets ». Ces sources alimentaient une chute produite par la Compagnie des Eaux, sur sa conduite d'Antibes, en tête du siphon de la Lubiane, qui devait fournir la force hydraulique à l'usine électrique de Vence; et c'est précisément à cause de leur grande variabilité de débit que la réserve ci-dessus avait été inscrite. Une force de 25 chevaux à prendre sur cette chute était fournie gratuitement par la commune au concessionnaire, mais en retour la commune jouissait de prix particulièrement avantageux pour la fourniture de son éclairage public et, en outre, elle devait après 50 ans avoir la propriété de l'usine, des constructions et des canalisations (art. 10). Or, par suite d'une extension rapide du service de l'éclairage privé, M. Pascal se trouva en présence d'une insuffisance incontestable de la force motrice fournie par la chute alimentée par les sources du Riou et des Sourcets; il prit donc le parti de s'adresser à la Compagnie Lebouvier, propriétaire de l'usine du Loup, pour prendre à cette usine l'énergie électrique de 10 chevaux qui lui était nécessaire pour parer à l'insuffisance de la chute mise à sa disposition par la commune. C'est à raison de l'emprunt de cette énergie électrique supplémentaire à l'usine du Loup que la municipalité de Vence fit un procès à M. Pascal devant le Conseil de Préfecture des Alpes-Maritimes, demandant au Conseil de « faire défense à M. A. Pascal de procurer la lumière électrique autrement que par le fonctionnement de son usine et dire en conséquence que, dans le mois de l'arrêté à intervenir, il devrait faire subir à ladite usine toutes les améliorations et modifications nécessaires et supprimer complètement toute force extérieure....

Contre cette prétention de la commune, M. Pascal fit valoir qu'en empruntant la force étrangère de 10 chevaux, qu'il ne pouvait trouver disponible sur la chute du Riou et des Sourcets, il avait été au delà de son obligation, et cela dans l'intérêt du service de l'éclairage, puisque son obligation se trouvait limitée à la fourniture du courant produit par les sources du Riou et des Sourcets et que son usine génératrice se trouvait effectivement établie de façon à utiliser toute la force produite par ces sources: il ajoutait qu'au surplus les canalisations supplémentaires, qu'il avait dû établir tant pour l'extension du service de l'éclairage privé que pour la ligne de transport destinée à fournir le courant supplémentaire nécessité par cette extension, seraient abandonnées par lui à la commune de Vence en fin de concession et que par conséquent celle-ci trouverait son avantage à la combinaison.

Le Conseil de Préfecture donna raison à M. Pascal, décidant « qu'en traitant avec le sieur Lebouvier et C[ie] (usine du Loup) pour obtenir un supplément de force motrice de 10 chevaux, le sieur Pascal, non seulement n'avait pas outrepassé ses droits, mais s'était montré soucieux des intérêts de la commune et de la scrupuleuse exécution de son contrat ».

C'est contre cette décision que la commune avait cru devoir se pourvoir devant le Conseil d'État.

La haute juridiction, par l'arrêt que nous rapportons, a confirmé l'arrêté du Conseil de Préfecture rendu au profit de M. Pascal. Cet arrêt du Conseil d'État a été rendu conformément aux conclusions de M. Tardieu, commissaire du Gouvernement, conclusions dont voici le sens :

« Aux termes du cahier des charges de la concession de l'éclairage électrique de la commune de Vence, le concessionnaire avait à sa disposition la force hydraulique de 25 chevaux produite par le siphon de la Lubiane; toutes les installations devaient, en fin de concession, revenir à la commune; enfin l'obligation de la fourniture du courant était limitée à la puissance des sources du Riou et des Sourcets. Or, quel est le système de la Ville : un concessionnaire, suivant elle, doit fournir avec son usine et non par un moyen étranger à cette usine; par conséquent, s'il fournit au delà de la limite de son contrat, il doit augmenter la force de son usine proportionnellement à la fourniture supplémentaire....

» Sans doute, l'intérêt que peut avoir la commune à rentrer en possession des installations en fin de concession justifierait normalement son droit d'imposer au concessionnaire l'obligation de fournir tout le courant à l'aide de son usine. Mais le traité de concession de l'éclairage électrique

(1) Les adhérents du Syndicat Professionnel des Usines d'Électricité ont reçu le texte de cet arrêt dans la circulaire n° 92.

de Vence donne à la commune une situation spéciale : en effet, l'obligation du concessionnaire se trouve limitée, par l'article 16 du cahier des charges, à la fourniture du courant produit par les sources du Riou et des Sourcets.

» En allant au delà de la limite de son contrat et en fournissant le courant excédant la puissance des sources du Riou et des Sourcets à l'aide d'un transport de force, M. Pascal s'est-il rendu susceptible d'un reproche quelconque ? — Il n'y a pas d'article de son traité le lui défendant, et d'ailleurs la Ville a laissé établir le transport de force sans protester. Il n'y a pas non plus de préjudice causé à la Ville; bien au contraire, les canalisations supplémentaires resteront à celle-ci en fin de concession; la Ville en sera quitte alors, si elle ne veut pas continuer l'emprunt du transport de force à l'usine du Loup, pour faire une usine génératrice suffisante pour assurer le service; tandis que si M. Pascal avait limité ce service de l'éclairage, comme il en avait le droit, à la puissance des sources du Riou et des Sourcets, elle aurait eu, en fin de concession, non seulement à augmenter les moyens de production de l'usine, mais à établir une canalisation nouvelle pour être en mesure d'assurer le service de tous les habitants de la commune.

» Sans doute la commune de Vence aurait pu passer un contrat plus avantageux; elle aurait pu spécifier que le concessionnaire serait tenu de fournir, sans limite aucune, et d'établir une usine différente, qui aurait dû revenir à la commune en fin de concession.

» Mais elle a limité l'obligation du concessionnaire par le fait même de la stipulation de l'article 16 du contrat de concession; M. Pascal, en allant au delà de cette limite, dépasse donc son obligation et est libre des moyens à employer pour la fourniture supplémentaire. En conséquence, il y a lieu de rejeter le recours de la commune de Vence et de la condamner aux dépens. »

Nous n'avons rien à ajouter à cette argumentation. Pour nous, le maintien, par le Conseil d'État, de la décision rendue par le Conseil de Préfecture des Alpes-Maritimes au profit de M. Pascal, n'avait jamais fait l'objet d'aucun doute. Il nous avait paru incontestable qu'en présence d'une clause limitant l'obligation de fournir le courant à l'utilisation d'une force hydraulique déterminée, le concessionnaire ne pouvait se voir faire défense de recourir à une force étrangère pour assurer une fourniture de courant plus considérable, sous le prétexte que le droit de reprise de l'usine, des constructions et des canalisations, réservé en fin de concession à la commune, l'obligeait à munir son usine de tous les moyens de production nécessaires pour assurer entièrement le service. En effet, le droit de reprise de l'usine, des canalisations et des constructions stipulé au profit de la commune, n'aurait dû, en principe, s'exercer que sur une usine, des constructions et des canalisations correspondant à la puissance de production des sources du Riou et des Sourcets ; par conséquent, dès lors qu'il avait construit et aménagé une usine, des constructions et des canalisations satisfaisant à cette obligation, le concessionnaire se trouvait absolument libre des moyens à employer pour fournir au delà de la puissance limitativement indiquée.

Les conclusions de M. Tardieu contiennent, au sujet du droit de reprise de la commune, une indication très intéressante : c'est que l'intérêt que pourrait avoir une commune à rentrer en possession des installations en fin de concession justifierait normalement son droit d'imposer au concessionnaire l'obligation de fournir tout le courant à l'aide de son usine ; d'où il résulte que, dans le cas où le traité de concession ne stipulerait pas la reprise de l'usine et des installations au profit de la commune, celle-ci ne pourrait *a contrario* plus justifier sa prétention d'imposer au concessionnaire l'obligation de fournir tout le courant à l'aide de son usine. Cette indication peut avoir une grande importance en ce qui concerne l'application du cahier des charges type édicté par le Ministère des Travaux publics en exécution de la loi de 1906.

On sait que ce cahier des charges type ne fait pas rentrer en principe l'usine génératrice et les moyens de production et de transport de l'énergie jusqu'au poste central du réseau de distribution dans les ouvrages concédés; une telle extension de la concession n'y est prévue qu'à titre d'indication, et la clause qui la prévoit peut être supprimée. Il s'ensuit que le droit de reprise en fin de concession ne doit s'exercer, au profit de la commune, que sur le réseau de distribution, à partir du poste central recevant directement le courant de l'usine génératrice et y compris ce poste qui doit être en quelque sorte comme la clef du réseau. La conséquence, c'est que lorsque la commune n'aura pas stipulé expressément que l'usine génératrice, les moyens de production et la ligne de transport jusqu'au poste central doivent faire partie de la concession et être compris, à ce titre, dans les ouvrages et les constructions repris en fin de concession par la commune, le concessionnaire se trouvera absolument libre de recourir à tel moyen de production du courant qui lui conviendra, et notamment d'emprunter tout ou partie du courant nécessaire au service concédé à une usine génératrice étrangère.

A dire vrai, la rédaction du cahier des charges type ne semblait pas laisser de doute à cet égard, mais il nous a paru utile de signaler qu'au Conseil d'État on paraissait disposé à reconnaître au concessionnaire le droit absolu, en l'absence de toute clause restrictive, de choisir le moyen de production qui lui semblera le mieux approprié. C'est là une constatation utile à cette époque, où les transports d'énergie électrique, en vue de l'alimentation des petites concessions, tendent à se généraliser de plus en plus.

CHARLES SIREY,
Avocat à la Cour de Paris.

CHRONIQUE FINANCIÈRE ET COMMERCIALE.

Convocations d'Assemblées générales. — *Station centrale communale d'Électricité de l'Orb.* Assemblée ordinaire le 9 juillet, 9h, 1, cours du Chapitre, à Marseille (Bouches-du-Rhône).

Société générale de gaz d'eau et d'électricité. Assemblée ordinaire le 28 juillet, 11h, 8, rue Pillet-Will, Paris.

Compagnie générale d'Électricité de Lourenço-Marquès. Assemblée ordinaire le 24 juillet, 2h15m, 36, rue Tronchet, Paris.

Compagnie électrique de la Méditerranée. Assemblée ordinaire le 22 juillet, 2h30m, 18, rue Notre-Dame-des-Victoires, Paris.

Compagnie électrique du Midi. Assemblée extraordinaire le 17 juillet, 11h, 59, rue de Chateaudun, Paris.

Compagnie des eaux et d'électricité de l'Indo-Chine. Assemblée extraordinaire le 21 juillet, 11h, 58, rue de Londres, Paris.

Est-Électrique. Assemblée extraordinaire le 23 juillet, 10h, 90, rue Saint-Lazare, Paris.

Énergie électrique de l'Ouest. Assemblée extraordinaire le 4 août, 10h, 4, cité d'Antin, Paris.

Société havraise d'énergie électrique. — Du rapport présenté par le Conseil d'Administration à l'assemblée générale ordinaire du 20 avril 1909, nous extrayons ce qui suit :

En 1908, nous avons établi 5150m de canalisation. A cette date, la longueur totale des canalisations était de : canalisations lumière, 80804m; canalisations force motrice (non compris les canalisations de la Compagnie générale française de tramways), 13872m; total : 94676m, contre 89526m au 31 décembre 1907, ce qui donne une augmentation de 5150m.

En 1908, les recettes de toute nature ont été de 1592349fr,21; les frais d'administration et d'exploitation ont été de 775997fr,68; le produit net de l'exploitation est de 816351fr,53.

Malgré l'emploi de plus en plus grand des lampes à filament métallique, à faible consommation, les recettes d'éclairage chez les particuliers sont en augmentation de 33430fr,02 sur l'année 1907.

Au 31 décembre 1908, le nombre de nos abonnés était, pour la lumière et la force motrice, de 3073; en 1907, ce nombre était de 2940, soit une augmentation de 133 abonnés en 1908.

Le nombre des lampes reliées en 1908 a été de 3177 lampes à incandescence de diverses intensités, et 29 lampes à arc, le tout équivalant à une augmentation d'environ 5001 lampes de 10 bougies.

Au 31 décembre 1908, le nombre total de lampes reliées équivalait à environ 105787 lampes de 10 bougies; au 31 décembre 1907, ce nombre était de 100786 lampes, soit une augmentation en 1908 de 5001 lampes.

Le nombre moyen de lampes reliées par 100m de canalisation, pour la lumière, est actuellement de 130 lampes de 10 bougies.

Le nombre des compteurs en service au 31 décembre 1908 était de 3270; en 1907, ce nombre était de 3115, d'où une augmentation en 1908 de 155.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1908.

Actif.

	fr
Caisse, banques et portefeuille	264355,65
Quittances à recouvrer	241025,81
Terrains	638009,03
Marchandises en magasin	89268,65
Débiteurs divers	113458,09
Concession	6198245,31
Canalisations	1400000 »
Primes de remboursement d'obligations 4 p. 100, série A	197934,75
Frais de premier établissement	1 »
Frais d'installation, éclairage public, etc.	1 »
Canalisations aériennes	1 »
Machines des travaux du port	1 »
Installations de particuliers	1 »
	9142302,29

Passif.

	fr	
Capital (20000 actions de 250fr)	5000000	
A déduire : 3100 actions amorties	775000	
		4225000 »
Capital obligations : 9372 obligations à 300fr		2811600 »
Obligations à rembourser (tirage 1908)		40500 »
Coupons, 2e semestre 1908, sur obligations		57042 »
Titres amortis à rembourser et coupons échus à payer		20134,46
Créditeurs divers		363195,63
Fonds d'assurances		5281,70
Réserve légale		254301,17
Provision pour amortissements divers		160716,40
Profits et pertes 1907 (reliquat)		542764 »
Profits et pertes 1908 (solde créditeur)		661767,53
		9142302,29

PROFITS ET PERTES, EXERCICE 1908.

Pertes.

Charge des obligations	154584 »
Bénéfice net	661767,53
	816351,53

Profits.

Fourniture d'électricité : éclairage et recettes accessoires	1592349,21
A déduire :	
Frais d'administration et d'exploitation	775997,68
Produit net de l'exploitation	816351,53
Total	816351,53

Avis commerciaux. — RAPPORTS COMMERCIAUX DES AGENTS DIPLOMATIQUES ET CONSULAIRES DE FRANCE (1). — N° 798. *Bulgarie.* — Mouvement commercial et maritime de Bourgas en 1907. — Débouchés pour les articles français.

N° 799. *Éthiopie.* — Mouvement commercial de l'Éthiopie en 1907-1908, par Dirré-Daoua et Djibouti.

N° 800. *Régence de Tripoli.* — Mouvement maritime de la rade de Benghasi pendant l'année 1907.

N° 801. *Chine.* — Mouvement commercial de Swatow en 1908. Commerce spécial avec la France et l'Indo-Chine.

Cours officiels, à la Bourse de Londres, du cuivre « Standard » et du cuivre électrolytique. — Du 12 au 23 juillet 1909 ces cours ont été :

DATES.	CUIVRE « STANDARD ».	CUIVRE ÉLECTROLYTIQUE.
	£ sh d	£ sh d
12 juillet 1909	58 8 »	59 15 »
13 » »	58 3 9	59 15 »
14 » »	58 » »	59 10 »
15 » »	58 » »	59 10 »
19 » »	58 10 »	59 10 »
20 » »	58 13 9	60 » »
21 » »	59 » »	60 5 »
22 » »	59 » »	60 15 »
23 » »	59 15 »	61 5 »

NOTA. — La Bourse de Londres est fermée le samedi.

AVIS.

(1) Ces documents sont tenus à la disposition des adhérents qui désireraient en prendre connaissance au Secrétariat général du Syndicat des Industries électriques, 11, rue Saint-Lazare.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DES CÂBLES ÉLECTRIQUES

Système BERTHOUD-BOREL et Cie

AU CAPITAL DE 1 300 000 FRANCS

Siège Social et Usine à LYON : 11, Chemin du Pré-Gaudry

CABLES ÉLECTRIQUES SOUS PLOMB ET ARMATURES DIVERSES POUR :

TRANSPORT DE FORCE - TRAMWAYS - LUMIÈRE - MINES - TÉLÉPHONIE

Spécialités de Câbles pour courants alternatifs de hautes tensions simples ou polyphasés et pour courant continu

50000 volts et au delà.

Lampe Flamme Vase Clos

JANDUS

Consommation spécifique 0,29 w : bougie. Durée 75 heures.

TÉLÉPH. : 912-65 — **35, rue de Bagnolet — PARIS, XXe** — TÉLÉPH. : 912-65

SOCIÉTÉ ANONYME DES ÉTABLISSEMENTS

ADT

Capital social : 2.250.000 francs.

TÉL 152-40

Usines à PONT-à-MOUSSON et à BLÉNOD (Meurthe-&-Moselle). — Siège social à PARIS, 45, rue Turbigo.

Dépôt à PARIS : 3, rue Cunin-Gridaine (Arts-et-Métiers).

TUBES ISOLATEURS ADT – ARTICLES ISOLANTS

en véritable " ISOLITE "

Armés de Laiton, de Tôle d'acier plombée, de Tôle d'acier galvanisée, cuivrée, ou d'**Acier étiré sans soudure** (Cuirassés).

Matériel d'intallations et de constructions électriques : Couvercles, Bacs, Bobines, Socles, Pièces détachées de toutes sortes.

Éclairage de Secours du Métropolitain, etc.

Catalogues, Guides, chantillons sur demande.



SE MÉFIER DES IMITATIONS

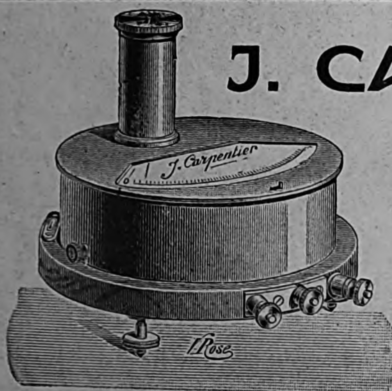


Etat, Ville, Chemin de fer, Usines, etc.

ATELIERS RUHMKORFF

J. CARPENTIER, Ingénieur-Constructeur

20, rue Delambre, PARIS (XIVe)



Pyromètre à lecture directe.

MESURE DES TEMPÉRATURES ÉLEVÉES

PYROMÈTRES ÉLECTRIQUES LE CHATELIER

Modèles pour installations fixes, lecture à l'échelle transparente.
Modèle transportable, lecture au microscope.
Modèle à lecture directe.

Les couples thermo-électriques sont étudiés et livrés avec une **courbe d'étalonnage** indiquant la force électromotrice en fonction de la température.

ENREGISTREUR ÉLECTRIQUE CALLENDAR

Paris. — Imprimerie GAUTHIER-VILLARS, quai des Grands-Augustins, 55.

43751 *Le Gérant :* GAUTHIER-VILLARS

6e Année. — TOME XII. N° 135. — 15 AOUT 1909.

LA REVUE ÉLECTRIQUE

ORGANE

DE L'UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ

Publiée sous la direction de J. BLONDIN, Agrégé de l'Université, Rédacteur en chef,

Avec la collaboration de :

MM. Armagnat, Becker, Bourguignon, Courtois, Da Costa, Jacquin, Jumau, Goisot, J. Guillaume, Labrouste, Lamotte, Mauduit, Raveau, G. Richard, Turpain, etc.

Revue paraissant deux fois par mois.

Abonnement. Paris : 25 fr. — Départements : 27 fr. 50. — Union postale : 30 fr. — **Le Numéro** : 1 fr. 50.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,

Quai des Grands-Augustins, 55.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J. Blondin, 171, Faubourg Poissonnière, Paris (9e).

Tome XII. **N° 135. — 15 août 1909.**

LA REVUE ÉLECTRIQUE

CHRONIQUE.

Le **38e Congrès de l'Association française pour l'avancement des Sciences** vient d'avoir lieu à Lille du 2 au 10 août, sous la présidence de M. L. Landouzy, doyen de la Faculté de Médecine de Paris.

A la *séance solennelle d'ouverture,* à la suite du discours du président, du rapport du secrétaire général sur le Congrès de l'an dernier et du compte rendu financier du trésorier, la grande médaille d'or de l'Association fut remise à M. H. Poincaré, membre de l'Institut. Comme nous le disions l'année dernière à pareille date, la remise de cette médaille résulte de l'application d'une décision récente du Conseil de l'Association, prise sur la proposition de M. Appell, ancien président, d'offrir chaque année une grande médaille d'or et une somme de 2000fr à un savant français ou étranger, auteur d'une grande découverte, et voulant bien venir en faire l'exposé dans une conférence au Congrès. Rappelons que la première médaille fut décernée l'an dernier, à Clermont-Ferrand, à Sir William Ramsay.

La *conférence de M. H. Poincaré* eut lieu dans la soirée du mardi au théâtre. L'orateur avait choisi comme sujet : *La Mécanique nouvelle,* c'est-à-dire l'exposé des idées développées par divers savants, en particulier Lorentz, dans la théorie des ions, idées d'après lesquelles ce que nous appelons *la masse matérielle* ne serait qu'une réaction d'ordre électrique due à la self-induction et dépendrait dès lors de la vitesse du corps en mouvement. C'était évidemment un sujet difficile à exposer à des auditeurs où les mathématiciens et les physiciens se trouvaient en très faible minorité et à qui l'usage des équations n'est pas familier. M. Poincaré a su vaincre ces difficultés et, bien qu'il eût fait dresser un tableau noir, il n'y écrivit aucune équation, se bornant à y tracer quelques dessins schématiques.

Le jeudi 4 août, le commandant Renard fit, dans l'une des salles de cinématographie de Lille, une *conférence sur l'aviation.* Dans un exposé théorique, mis à la portée de tous par des exemples bien choisis, le conférencier examina les conditions auxquelles doit satisfaire tout appareil servant à la sustentation et la locomotion dans l'air, puis montra la manière dont ces conditions sont remplies dans la classe des appareils de ce genre les plus intéressants pour le moment, les aéroplanes. Il fit ensuite défiler devant les auditeurs des vues cinématographiques de la maison Gaumont représentant des vols de Wright, Latham, Farman, Blériot, puis des vues du début du vol qui devait assurer à Blériot l'honneur d'être le premier à réussir la traversée de la Manche en aéroplane; enfin des vues prises d'un aéroplane au moyen d'un appareil fixé à celui-ci donnant par suite une reproduction de la manière dont se déroule le paysage aux yeux d'un aviateur. Inutile d'ajouter que cette intéressante conférence sur un sujet tout d'actualité a été particulièrement goûtée des congressistes.

Le lendemain M. le Dr Calmette, directeur de l'Institut Pasteur de Lille, faisait une *conférence sur la tuberculose*. Après avoir tracé le tableau des ravages causés dans l'organisme par cette maladie et les avoir rendus visibles par une série de projections, le conférencier expliqua pourquoi les méthodes de vaccination n'ont pu jusqu'ici réussir dans le traitement de la tuberculose et indiqua dans quel sens doivent être dirigées les recherches pour avoir des chances d'aboutir.

Les nombreuses industries qui rendent Lille et ses environs l'une des plus riches régions de la France rendaient facile l'organisation de nombreuses *visites industrielles*. Tandis que les uns visitaient à Roubaix et Tourcoing une filature ou un peignage de laine, une fabrique de tapis et une fabrique de tissus d'ameublement, d'autres visitaient à Lille les ateliers de construction Dujardin et Cie, l'imprimerie Danel, ou, dans les environs immédiats de Lille, l'usine établie à la Madeleine par la Compagnie des Gaz comprimés pour la séparation de l'oxygène de l'air par liquéfaction, les vastes ateliers de la Compagnie de Fives-Lille, la station d'épuration des eaux d'égout de la Madeleine, etc.

Bien que s'adressant à des industries très diverses, la plupart de ces visites étaient intéressantes au point de vue électrique. Les excellentes machines à vapeur sortant des établissements Dujardin et Cie se trouvent en effet dans maintes usines génératrices d'électricité, et les visiteurs de l'Exposition de Nancy pourront y voir une des dernières créations de ces établissements : un groupe électrogène avec turbine à vapeur d'un nouveau modèle construite par ces établissements.

Quant à la Compagnie de Fives-Lille, on sait quelle est son importance dans la construction électrique; ses immenses ateliers de Fives spécialement consacrés à la grosse construction mécanique ne s'occupent pas, il est vrai, de la construction des machines électriques, mais on y construit l'ossature des ponts roulants et des grues qui doivent être ultérieurement équipés électriquement, ainsi que les turbines, du type Parsons, destinées à l'équipement des stations centrales. L'usine de la Société des Gaz comprimés, malgré son caractère tout à fait spécial, est également intéressante pour les électriciens, et cela à plus d'un titre : d'abord parce qu'elle utilise pour l'extraction de l'oxygène de l'air, les procédés de Georges Claude, un des plus actifs et des plus heureux vulgarisateurs de la Science électrique; en second lieu, parce que ce mode de préparation de l'oxygène et l'application de ce gaz à la soudure autogène et au découpage des métaux par le chalumeau viennent concurrencer l'électricité dans son application à l'électrolyse de l'eau et dans son utilisation au soudage et au découpage par l'arc électrique; en troisième lieu, parce que, cessant d'être un adversaire de l'électricité, l'oxygène est capable de devenir l'auxiliaire de celle-ci en permettant d'augmenter le rendement des procédés électriques de fabrication de l'acide azotique au moyen de l'air en enrichissant celui-ci d'oxygène, tandis que l'azote, résidu de la séparation de l'oxygène, peut être utilisé dans la fabrication de la cyanamide; enfin, parce que l'énergie utilisée à l'usine de la Madeleine pour l'obtention de l'oxygène comprimé lui arrive sous forme de courants triphasés pris sur l'un des réseaux de distribution qui alimentent la région avoisinant Lille. Ajoutons d'ailleurs que cette dernière raison pourrait être invoquée en faveur de beaucoup d'autres usines de la région lilloise, car la plupart des usines de création récente ont préféré, quelle que soit l'industrie qui s'y exerce, prendre leur force motrice aux canalisations de distribution de l'électricité plutôt que d'installer des machines à vapeur. C'est là un indice important pour l'avenir des entreprises de distribution d'électricité et qu'il importait de signaler.

Une visite des plus intéressantes est celle qui fut faite par tous les membres du Congrès aux mines d'Aniche dans la journée du jeudi 5. Partis à $8^h 30^m$ de Lille par train spécial, les congressistes arrivaient vers $9^h 30^m$ à Somain, où ils visitaient un lavoir établi pour traiter annuellement 1 200 000 tonnes de fines, trois usines à briquettes et une usine de production de force motrice contenant un groupe électrogène de 850 chevaux à turbine et un groupe électrogène de 500 chevaux à machines à pistons. A $10^h 30^m$, ils quittaient ces installations pour se rendre, toujours par train spécial, à la fosse de Sessevalle, comprenant deux puits, un criblage et deux usines à boulets; là ils assistaient à des essais des appareils de sauvetage imaginés par le Dr Tissot, puis ils visitaient une cité ouvrière de 360 maisons construite par la Compagnie des mines d'Aniche. Un banquet des plus succulents et des mieux servis, offert par la Compagnie, réunissait ensuite plus de trois cents congressistes dans la Salle des Fêtes de la Compagnie; puis les congressistes visitaient les lavoir, fours à coke, usine à benzol, usine à sulfate d'ammonium et usine à goudron établis à Gayau et regagnaient ensuite Lille, très fatigués, mais aussi fort satisfaits de leur excursion.

Outre ces visites collectives, de nombreuses visites furent faites par quelques membres des sections du Génie civil et de Physique. C'est ainsi que nous visitâmes l'importante et récente usine édifiée à Wasquehall par l'Énergie électrique du Nord, l'usine de la Compagnie des tramways de Lille, également très importante et qui dessert un réseau d'environ 200^{km}

de voies, l'usine récemment établie à Lesquin par la Compagnie Thomson-Houston pour la construction de grosses machines électriques et des turbines Curtis, etc.

Une autre visite des plus intéressantes est celle que nous fîmes personnellement, dans la journée du samedi 7, aux mines de Lens. Grâce à la complaisance de M. Reumaux, directeur général de la Compagnie des mines de Lens et en même temps président du Conseil d'administration de la Compagnie électrique du Nord, il nous fut possible de visiter en détail, malgré le peu de temps dont nous disposions, les remarquables installations électriques que la Compagnie des mines de Lens est en train d'exécuter sur le territoire de sa concession en vue de mettre en pratique cette conception déjà ancienne, mais non encore réalisée : production de l'énergie électrique sur le carreau de la mine et transmission de celle-ci là où il en est besoin.

Cette production de l'énergie électrique est économique non seulement parce qu'elle peut être effectuée par la combustion de charbons de qualité inférieure qui ne peuvent supporter des frais de transport, mais encore parce qu'elle permet l'utilisation de sources calorifiques sans emploi jusqu'ici ou tout au moins fort mal utilisées : la vapeur d'échappement des machines d'extraction et les gaz des fours à coke.

La vapeur d'échappement des machines d'extraction est aujourd'hui employée, après son passage dans un accumulateur Rateau, à l'alimentation d'une turbine à basse pression, et, ainsi que nous avons pu le constater aux mines de Lens, il est possible d'obtenir de cette façon 500 à 600 kilowatts par puits. Quant aux gaz des fours à coke, ils sont depuis assez longtemps utilisés, après traitement pour en retirer les produits benzéniques et ammoniacaux qu'ils renferment, au chauffage même des fours. Mais les gaz brûlés sortant des fours sont à une température très élevée et peuvent être employés pour le chauffage de chaudières alimentant des groupes électrogènes. D'autre part, la distillation des charbons gras fournit une quantité de gaz supérieure à celle qui est nécessaire pour le chauffage des fours à coke, et cet excédent de production peut être utilisé pour l'alimentation de moteurs à gaz actionnant des alternateurs. Ce sont des installations de ce genre que nous avons vues en fonctionnement aux mines de Lens. En attendant que nous puissions les décrire en détail, comme nous nous le proposons, disons que tous les groupes électrogènes répartis sur le territoire de la concession des usines de Lens produisent dès maintenant, sous forme de courants triphasés à 5000 volts, une puissance bien supérieure à celle qui est nécessaire au fonctionnement des appareils mécaniques utilisés dans ces mines, et que l'excédent est vendu en bloc à la Compagnie électrique du Nord qui se charge de sa distribution. Pour le moment, la transmission se fait sous 5000 volts; mais bientôt, lorsque le poste de transformation de Pont-à-Vendin sera achevé, elle se fera à 15000 volts ou à 45000 volts suivant la longueur des canalisations; diverses lignes établies pour cette dernière tension sont déjà posées, et l'importance industrielle des régions qu'elles desservent fait bien augurer de l'avenir de cette entreprise.

Revenant au Congrès de Lille, il nous faut signaler les **communications** qui y ont été faites. Bien que le nombre total de ces communications ait été considérable, celles qui intéressent l'ingénieur électricien sont assez rares. La plus importante à ce point de vue est celle de M. Swyngedauw sur *l'autoexcitation des dynamos;* d'autres, comme celles de M. Witz sur les *machines thermiques utilisant la chaleur de l'atmosphère ambiante,* de M. Bourdelle sur *l'application du moteur à combustion à la navigation*, présentent aussi un intérêt non moins grand, mais plus indirect. Parmi celles d'un caractère scientifique nous signalerons les suivantes : *Observation des orages au moyen de cohéreurs,* par A. Turpain; *Phénomène accompagnant la rentrée de l'air dans les tubes à rayons X*, par A. Turpain; *Expériences diverses sur les tourbillons,* par B. Brunhes; *sur les courants telluriques*, par B. Brunhes; *sur les détecteurs électrolytiques,* par Jegou; *Ionisation de l'eau dans les dissolutions salines,* par E. Doumer; *Remarque sur une loi empirique de consommation des lampes à incandescence à filament de carbone,* par H. Chrétien.

*
* *

Les **moteurs monophasés à collecteur** ont été l'objet de nombreux articles relatifs à la théorie de leur fonctionnement; l'article de M. Fischer-Hinnen, publié p. 86, est d'ordre plus pratique et donne une méthode assez rapide pour le calcul de ces moteurs.

Le **verre et la porcelaine** sont de tous les isolants ceux qui sont le plus souvent utilisés dans l'industrie électrique; M. Escard leur consacre un article important, p. 109 et suiv.

Sous la rubrique **Électrochimie et Électrométallurgie** on trouvera plusieurs articles se rapportant à des sujets divers.

J. Blondin.

UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ.

Siège social : boulevard Haussmann, 63, Paris. — Téléph. : 276-35.

Syndicats adhérents à l'Union : Syndicat des forces hydrauliques, de l'électrométallurgie, de l'électrochimie et des industries qui s'y rattachent; Syndicat professionnel des industries électriques; Syndicat professionnel des industries électriques du Nord de la France; Syndicat professionnel de l'industrie du gaz (Usines électriques du); Syndicat professionnel des usines d'électricité.

UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ.

Quinzième Bulletin bimensuel de 1909.

Sommaire : Projet de loi relatif aux usines hydrauliques, voté par la Chambre des Députés, p. 115.

SYNDICAT PROFESSIONNEL DES INDUSTRIES ÉLECTRIQUES.

Siège social : rue Saint-Lazare, 11.

Téléphone : 238-60.

Quinzième Bulletin bimensuel de 1909.

Sommaire : Concession d'Électricité en Turquie d'Europe, p. 84. — Renseignements divers relatifs à l'application du tarif des douanes françaises, p. 84. — Bibliographie, p. 84. — Liste des documents publiés dans le *Bulletin* à l'intention des membres du Syndicat, p. 85. — Offre et demandes d'emplois, *voir* aux annonces, p. XIX.

Concession d'Électricité en Turquie d'Europe.

Un négociant français de Constantinople serait sur le point d'obtenir une concession d'électricité.

L'intéressé désirerait entrer en rapport directement avec une firme susceptible d'exploiter ladite concession, et non encore représentée en Turquie d'Europe.

Nous croyons utile de donner cette information à nos adhérents, en invitant les firmes que ce projet pourrait intéresser à se mettre en relations avec la Chambre de Commerce française de Constantinople, rue Cabristan, n° 41, Péra. (*Communication de l'Office national du Commerce extérieur.*)

Renseignements divers relatifs à l'application du tarif des douanes françaises.

Classement des machines dynamos à courant continu.

Par lettre du 2 juillet, le Directeur des douanes de Paris fait connaître qu'aux termes d'une décision administrative, en date du 30 juin dernier, le service des douanes est autorisé, à l'avenir, à étendre aux machines dynamos à courant continu le bénéfice de la disposition contenue dans la lettre commune n° 1140, f° 24, et suivant laquelle l'absence de l'arbre et des paliers n'a pas pour effet de faire considérer comme incomplètes les machines dites *dynamos volants* à courants alternatifs ou polyphasés.

Décisions réglementaires récentes relatives au classement des marchandises.

Désignation des marchandises.		Classement.
Appareils pour projections scientifiques		Voir *Instruments de précision* (n° 634). Lampe et parties électriques à taxer séparément.
Barrettes pour coupe-circuits en porcelaine.	Sans pièces métalliques.	Voir *Porcelaine*, selon l'espèce (n° 347).
	Avec pièces métalliques.	Voir *Pièces détachées d'appareils électriques* (n° 536).
Boîtes de jonction ou raccords en cuivre ou laiton avec prise de courant		Voir *Appareils électrotechniques*, selon l'espèce (n° 524 *bis*).
Calorimètres		Voir *Compteurs de tours* (n° 505).
Coffrets de branchement pour moteurs (*interrupteur, coupe-circuit et ampèremètre disposés dans une boîte en fonte*)		Voir *Appareils électrotechniques* (n° 524 *bis*).

Bibliographie.

MM. les membres adhérents peuvent se procurer au Secrétariat général :

1° Les statuts du Syndicat;
2° Les annuaires du Syndicat;
3° La collection complète des Bulletins;
4° Les numéros séparés dont ils auraient besoin pour compléter leur collection;
5° Les instructions concernant les conditions d'établissement des installations électriques dans l'intérieur des maisons;
6° Les instructions générales pour la fourniture et la réception des machines et transformateurs électriques;
7° La série de prix des travaux d'électricité établie par le groupe des Chambres syndicales du bâtiment et des industries diverses et le Syndicat Professionnel des Industries électriques (édition de 1907);
8° Le Rapport de M. Guieysse sur les retraites ouvrières;
9° Les affiches dont l'apposition est prescrite par les lois réglementant le travail (voir *Bulletin* de juin 1905);
10° Les affiches « Dangers de l'alcoolisme » et « Conseils pour éviter la tuberculose »;
11° L'affiche indiquant les secours en cas d'accidents dus aux conducteurs d'énergie électrique;
12° La loi du 15 juin 1906 sur les distributions d'énergie; les décrets, arrêtés et circulaires relatifs à l'application de cette loi;
13° La convention pour la concession de la distribution de l'énergie électrique dans Paris.

Liste des documents publiés dans le présent Bulletin à l'intention des membres du Syndicat Professionnel des Industries électriques.

Jurisprudence et Contentieux. — Contrat collectif de travail antérieur à 1906. — 24 jours annuels de repos payés. — Loi du 13 juillet 1906 sur le repos hebdomadaire. — Inexécution forcée. — Résiliation, p. 117.

Avis commerciaux. — Rapports commerciaux des agents diplomatiques et consulaires de France, p. 120. — Tableau des cours du cuivre, p. 120.

SYNDICAT PROFESSIONNEL DES USINES D'ÉLECTRICITÉ.

Siège social : rue Tronchet, 27, Paris.

Téléphone : 225-92.

QUINZIÈME BULLETIN BIMENSUEL DE 1909.

Liste des nouveaux adhérents depuis le 31 juillet 1909.

Membre actif.

M.

LABEILLE (Paul-Oscar), Ingénieur des Ponts et Chaussées, Directeur de la Compagnie générale d'Éclairage de Bordeaux, 5, rue de Condé, Bordeaux (Gironde), présenté par MM. Ticier et E. Brylinski.

Membre correspondant.

M.

VIGNEAU (Léon), Mécanicien électricien, 6, rue Ferdinand-Duval, Paris, présenté par MM. Brylinski et E. Fontaine.

Compte rendu bibliographique.

Il sera fait mention de tous les Ouvrages d'intérêt général relatifs aux Associations comme aussi de tous les Livres techniques utiles pour les applications du courant électrique, dont on fera parvenir deux exemplaires au Syndicat Professionnel des Usines d'Électricité.

Bibliographie.

1° Collection reliée des Bulletins des années 1896 à 1899 (Tome I).

2° Collection reliée des Bulletins des années 1900 et 1901 (Tome II).

3° Collection reliée des Bulletins des années 1902 et 1903 (Tome III).

4° Collection reliée des Bulletins de l'année 1904 (Tome IV).

5° Collection reliée des Bulletins de l'année 1905 (Tome V).

6° Collection reliée des Bulletins de l'année 1906 (Tome VI).

7° Collection reliée des Bulletins de l'année 1907 (Tome VII).

8° Loi et décrets du 9 avril 1898 sur les accidents du travail.

9° Loi du 22 mars 1902 complétant celle du 9 avril 1898 dont la connaissance doit être donnée aux ouvriers par l'affichage dans les ateliers. Il y a lieu pour les membres adhérents de se pourvoir d'affiches répondant à ces nécessités.

Selon les préférences, le Secrétariat peut remettre aux adhérents soit la loi du 22 mars 1902 isolée, soit la loi du 9 avril 1898 remaniée et mise au point. Cette deuxième affiche est plus chère que la première.

10° Circulaire ministérielle du 19 août 1895 : secours à donner aux personnes foudroyées (*courants continus*).

11° Circulaire ministérielle du 19 août 1895 : secours à donner aux personnes foudroyées (*courants alternatifs*).

12° Études sur l'administration et la comptabilité des usines électriques, par A.-C. Ray.

13° Instructions pour l'entretien et la vérification des compteurs, à courant continu et à courant alternatif.

14° Rapport de la Commission des Compteurs, présenté au nom de cette Commission, par M. Rocher, au Congrès du Syndicat, le 13 juin 1903 (document strictement personnel et confidentiel réservé aux seuls membres du Syndicat).

15° Rapport fait au nom de la Commission chargée d'examiner le projet de loi sur les distributions d'énergie par M. A. Berthelot, député.

16° Projet de loi relatif aux usines hydrauliques sur les cours d'eau non navigables ni flottables, présenté au nom de M. Émile Loubet, Président de la République française, par M. Léon Mougeot, Ministre de l'Agriculture.

17° Projet de loi tendant à autoriser la Ville de Paris à emprunter une somme de 120 millions et à organiser le service du gaz, présenté au nom de M. Émile Loubet, Président de la République française, par M. E. Combes, Président du Conseil, Ministre de l'Intérieur et des Cultes.

18° Note sur la traction électrique des chemins de fer, par M. le Dr Tissot (Congrès du Syndicat, 1903).

19° Conférence de M. Chaumat sur la Télégraphie sans fil (Congrès du Syndicat, 1904).

20° Rapport fait au nom de la Commission de l'Administration générale, départementale et communale, des cultes et de la décentralisation, chargée d'examiner le projet de loi tendant à autoriser la Ville de Paris à emprunter une somme de 120 millions et à organiser le service du gaz, par M. Émile Morlot, député.

21° Renseignements et avis pour la Commission préfectorale chargée d'étudier le régime futur de l'électricité à Paris.

22° Procès-verbal de la séance du 24 octobre 1904 de la Commission d'organisation du régime futur de l'électricité à Paris.

23° Rapport de M. Ch. Prevet, sénateur, fait au nom de la Commission chargée d'examiner le projet de loi, adopté par la Chambre des Députés, tendant à autoriser la Ville de Paris à emprunter une somme de 120 millions et à organiser le service du gaz.

24° Proposition de loi présentée par M. Janet sur les distributions d'énergie.

(*Adresser les commandes à M. le Secrétaire général.*)

Liste des documents publiés dans le Bulletin à l'intention des membres du Syndicat Professionnel des Usines d'Électricité.

Législation : Projet de loi relatif aux usines hydrauliques, voté par la Chambre des Députés, p. 115.

Chronique financière et commerciale : Convocations d'Assemblées générales, p. 119. — Nouvelles Sociétés, p. 119. — Compagnie centrale d'Electricité et de Transport de force par l'électricité (Compagnie d'Electricité de Limoges), p. 119. — Avis, p. 120. — Demandes d'emplois, *voir* aux annonces, p. XIX.

APPLICATIONS MÉCANIQUES.

MOTEURS.

Sur le calcul prédéterminatif des moteurs monophasés à collecteur. — I. INTRODUCTION. — La théorie du moteur monophasé à collecteur a déjà été maintes et maintes fois développée dans les journaux techniques, et si je reprends la discussion de ce sujet, aujourd'hui de toute actualité, cela résulte surtout de ce qu'à mon point de vue il ne fut que très peu parlé du calcul prédéterminatif de ce moteur. Pour l'ingénieur pratique, la théorie pure et simple n'est, dans la plupart des cas, que de faible secours, car, en général, il ne possède ni le temps ni la patience d'en extraire et développer ce qui peut s'appliquer à son cas particulier. J'ai entrepris dans ce qui suit de montrer, avec quelques exemples pratiques à l'appui, comment on peut déterminer à l'avance les dimensions et enroulements d'un tel moteur, sans pourtant devoir recourir à des calculs longs et compliqués.

Pour unifier autant que possible et simplifier, nous adopterons les désignations suivantes :

E, tension effective aux bornes.
E_s, force électromotrice de self-induction.
E_r, force électromotrice engendrée par la rotation de l'induit.
I, intensité effective du courant.
D, diamètre de l'armature.
l, longueur de l'armature.
$\lambda = \frac{l}{D}$.
D_2, diamètre du collecteur.
l_2, longueur utile du collecteur.
γ_2, épaisseur d'une lamelle y compris l'isolation.
γ, épaisseur d'un balai au contact.
b, arc polaire (pour les machines à enroulement réparti sur la périphérie $b = \frac{D\pi}{p}$, pour les machines à pôles saillants $b = \beta \frac{D\pi}{p}$).
b_1, largeur des pôles auxiliaires mesurée à la circonférence de l'armature.
p, nombre total de pôles (non pas de paires de pôles).
p_2, nombre de circuits parallèles dans l'armature.
$\overline{\Phi}$, nombre maximum de lignes de force dans le champ principal.
$\overline{B}_l$, flux spécifique maximum dans l'entrefer.
ν_1 ($= 1,1$ à $1,15$) coefficient de dispersion dans l'enroulement du champ).
ν_2 coefficient de dispersion dans l'armature.
N_1, nombre total de fils (non pas de spires) de l'enroulement du champ.
N_2, nombre de fils sur le pourtour de l'armature.
N_3, nombre total de fils de l'enroulement de compensation.
N_4, nombre total de fils de l'enroulement des pôles auxiliaires.
N_k, nombre de lamelles.
α, rapport de la résistance magnétique totale à celle de l'entrefer.
δ, entrefer simple.
n, nombre de tours par minute.
c_1, nombre de périodes primaires par seconde.
c_2, nombre de périodes secondaires par seconde.
$100\ \eta$, rendement en pour 100.
ρ, un facteur de réduction ($= 0,7$ à $0,8$) tenant compte de l'ouverture des rainures, du papier, etc.
φ, angle de décalage de phase entre I et E.
β, pour les machines à enroulement réparti sur la périphérie, est le rapport de la partie bobinée de la périphérie, à la périphérie entière; pour les machines à pôles saillants est égal au rapport de l'arc polaire à la division.

Toutes ces dimensions sont comprises en centimètres.

II. MOTEUR SÉRIE A ENROULEMENT RÉPARTI SUR LA PÉRIPHÉRIE. — Le schéma général de ce moteur est donné par les figures 1 et 2. L'enroulement de compen-

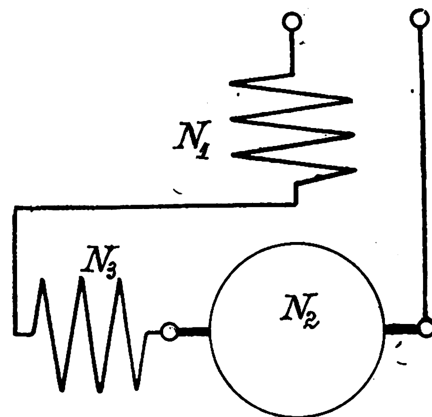


Fig. 1.

sation est, ou connecté en série avec l'enroulement du champ, ou mis en court-circuit. En admettant que l'induction transversale soit complètement neutralisée, nous pouvons écrire les équations suivantes :

A. *Intensité du champ (Flux). — Flux spécifique dans l'entrefer.*

$$\overline{B}_l = \sqrt{2}\,\frac{4\pi}{10}\,\frac{I N_1}{p}\,\frac{1}{2\,\delta\alpha}. \tag{1}$$

Cette équation est applicable quelle que soit la saturation du fer, le coefficient α contenant déjà la résistance

du fer. Pour des saturations ne dépassant pas 12000 lignes par centimètre carré, α peut être admis constant et variant de 1,1 à 1,2.

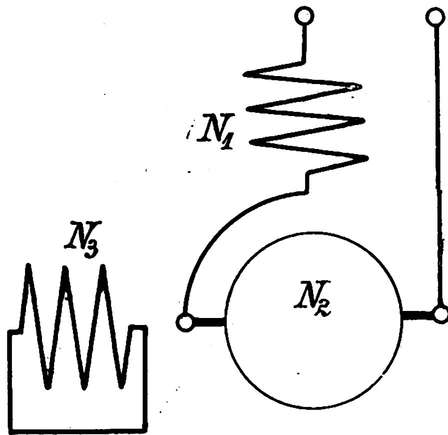


Fig. 2.

Pour des saturations plus élevées, α peut atteindre 1,6 et plus. (Des indications plus précises sur l'influence de la saturation du fer sur le courant d'aimantation paraîtront prochainement dans un journal électrotechnique.)

Champ utile.

$$(2)\quad \overline{\Phi}=(1-0,5\beta)\overline{B_l}\,bl\rho = 2,8(1-0,5\beta)\frac{IN_1}{p_2}\frac{Dl\rho}{\delta\alpha}.$$

B. *Forces électromotrices.* — Nous avons à faire ici à deux forces électromotrices, savoir :

Force électromotrice E_r due à la rotation de l'armature dans le champ $\overline{\Phi}$, et

Force électromotrice E_s engendrée par l'induction de ce champ dans l'enroulement N_1.

En nous reportant à la figure 3, nous avons

$$(3)\quad E_r=\frac{1}{\sqrt{2}}\frac{\overline{\Phi}N_2}{60.10^8}\frac{np}{p_2} = E\cos\varphi,$$

$$(4)\quad E_s=1,48\left(\frac{1,5-\beta}{1-0,5\beta}\right)\frac{c_1\overline{\Phi}N_1\nu_1}{10^8} = E\sin\varphi;$$

ou bien, en introduisant ici la valeur de $\overline{\Phi}$, obtenue plus haut dans l'équation (2), il vient

$$(5)\quad E_s=4,14(1,5-\beta)\frac{IN_1^2}{p^2}\frac{Dl\rho}{\delta\alpha}\frac{c_1\nu_1}{10^8}.$$

Nous reviendrons plus tard sur l'importance de cette équation pour la prédétermination des dimensions de l'induit.

En divisant (4) par (3) nous obtenons

$$(6)\quad \operatorname{tang}\varphi=\frac{E_s}{E_r}=1,04\left(\frac{1,5-\beta}{1-0,5\beta}\right)\frac{N_1p_2}{N_2}\frac{120c_1}{pn}\nu_1.$$

De cette équation se déduit tout naturellement que, pour le nombre de tours synchrone, le moteur série peut être construit encore avec un bon cos φ, tant que le rapport $\frac{N_1p_2}{N_2}$ est choisi suffisamment petit. Ceci confirme l'hypothèse émise antérieurement par Sumec. L'équation (6) nous montre encore ce fait intéressant que le facteur de puissance est indépendant de la saturation du fer.

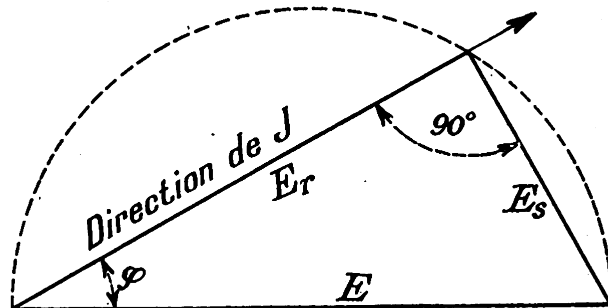


Fig. 3.

C. *Tension lamellaire.* — Nous entendons par là la tension existant entre deux lamelles, lorsqu'elles se trouvent court-circuitées par les balais. Cette tension doit être maintenue aussi petite que possible, car elle est la cause principale de la production d'étincelles.

De plus, les courants de court-circuit produisent une démagnétisation partielle du champ principal, donc une augmentation du nombre de tours, sans tenir compte de la perte d'énergie parfois assez considérable.

Afin de réduire cette tension à un minimum, il est recommandable d'adopter l'épaisseur γ du balai plus petite que l'épaisseur γ_2 d'une lamelle.

En général, la tension lamellaire est

$$(7)\quad e_k=\frac{2,22}{10^8}\frac{N_2}{N_k}\frac{p}{p_2}c_1\overline{\Phi}\mu,$$

dans laquelle

$$\mu = 1$$

pour $\gamma \leqq \gamma_2$, et

$$\mu = 2$$

pour $2\gamma_2 > \gamma > \gamma_2$.

Cette équation peut encore être transformée. En y introduisant la valeur de $N_2\overline{\Phi}$ tirée de (3), nous obtenons en effectuant

$$(8)\quad e_k=188\frac{Ec_1\mu}{nN_k}\cos\varphi = 1,57\frac{Ep\mu}{N_k}\cos\varphi.$$

Comme e_k ne peut dépasser une certaine valeur, si le passage du courant doit s'effectuer sans étincelles, cette équation nous permet de déterminer le nombre minimum de lamelles, au-dessous duquel nous ne devons descendre en aucun cas. Elle permet de dire immédiatement si, pour une tension, un nombre de tours et de périodes donnés, un moteur peut encore être exécuté comme moteur série, ou bien si l'on devra adopter un *moteur à répulsion.*

Si le démarrage se fait au moyen de résistances, il est évident que celles-ci seront à dimensionner de façon

que le courant de démarrage ne dépasse en aucun cas le courant normal, et nous aurons à introduire pour n le nombre de tours correspondant à la charge normale. Il en sera de même lorsque le moteur ne devra démarrer qu'à charge réduite, puisque, de toute façon, la tension lamellaire totale se présentera lors de la pleine charge. Il en est tout autrement, par contre, pour les moteurs qui, comme ceux de traction, par exemple, doivent démarrer avec un moment de torsion $1\frac{1}{2}$ jusqu'à 2 fois plus fort. Comme on sait, la force de traction est proportionnelle au produit du nombre de lignes de force par l'intensité du courant; le premier terme étant, lui aussi, proportionnel à cette intensité, il en résulte que, pour un moment de torsion double, le courant de démarrage atteindra une valeur au moins égale à 1,4 fois la normale et la partie droite de (8) devra être multipliée par 1,4.

D. *Dimensions du collecteur.* — L'équation (8) nous permet déjà de déterminer les dimensions du collecteur. Désignons par i la densité admissible de courant en amp : cm² de la surface de contact des balais, et admettons le nombre de points d'alimentation en général égal au nombre de pôles; nous aurons, en appelant P la puissance du moteur en chevaux :

Intensité,

$$\text{(9)} \qquad I = \frac{736\,P}{\eta \cos\varphi}\,\frac{1}{E};$$

diamètre du collecteur,

$$\text{(10)} \qquad D_2 = \frac{N_k \gamma_2}{\pi};$$

longueur utile du collecteur,

$$\text{(11)} \qquad l_2 = \frac{2I}{\gamma i p}.$$

E. *Dimensions et enroulement de l'armature.* — Multiplions l'équation (5) de part et d'autre par I et introduisons d'après l'équation (6)

$$N_1 = \frac{1}{1,04}\left(\frac{1-0,5\beta}{1,5-\beta}\right)\frac{N_2}{p_2}\,\frac{pn}{120 c_1}\,\frac{1}{v_1}\,\text{tang}\,\varphi,$$

puis

$$\text{(12)} \qquad \frac{IN_2}{p_2} = KD,$$

où K est une constante dépendant du volume de l'enroulement [1].

Or

$$IE = \frac{736\,P}{\eta \cos\varphi}$$

et

$$l = \lambda D;$$

nous obtiendrons en effectuant

$$\text{(13)} \qquad D = \sqrt[4]{\frac{22\,200.10^8}{1-0,5\beta}\,\frac{P}{n}\,\frac{\delta\alpha p}{\lambda k^2 \eta \rho}\left(\frac{N_2}{N_1 p_2}\right)},$$

ou bien

$$\text{(14)} \qquad D = 100\sqrt{2,77.10^6\,\frac{1,5-\beta}{(1-0,5\beta)^2}\,\frac{P}{n^2}\,\frac{\delta\alpha c_1 v_1}{\lambda k^2 \eta \rho}\,\frac{1}{\text{tang}\,\varphi}}.$$

Cette équation ne contient que des valeurs connues à l'avance. En utilisant l'équation (13), il faudra naturellement calculer d'abord la valeur $\frac{N_2}{N_1 p_2}$ de l'équation (6); ceci n'impliquera pas une perte de temps, puisque nous aurons besoin de ce rapport pour le calcul de l'enroulement du champ.

Connaissant le diamètre de l'armature, nous en déduirons immédiatement la longueur l et le nombre de fils N_2 d'après

$$l = \lambda D \qquad \text{et} \qquad N_2 = p_2 \frac{KD}{I}.$$

Naturellement, nous devrons vérifier si le nombre de fils trouvé peut se combiner avec le nombre de lamelles adopté; il faudra éventuellement changer un peu la constante.

F. *Dimensions et enroulement du champ.* — Pour déterminer la section du fer, nous devrons tenir compte, en premier lieu, du flux maximum $\overline{\Phi}$ pour lequel nous emploierons l'équation (3)

$$\overline{\Phi} = \frac{\sqrt{2}.60.10^8.p^2}{N_2 n p}\,E\cos\varphi.$$

De l'équation (6) nous tirons

$$N_1 = \frac{1}{1,04}\left(\frac{1-0,5\beta}{1,5-\beta}\right)\frac{N_2}{p_2}\,\frac{pn}{120 c_1}\,\frac{1}{v_1}\,\text{tang}\,\varphi.$$

Il ne nous reste donc plus à calculer que l'enroulement de compensation.

S'il est en série avec l'armature (*fig.* 1), nous aurons

$$\text{(15)} \qquad N_3 = \frac{N_2}{p_2}.$$

En tenant compte de la self-induction des bobines court-circuitées, il est préférable d'adopter cette valeur de 25 à 30 pour 100 plus grande. Le schéma indiqué par la figure 2, dans lequel le nombre de fils peut être adopté quelconque, est plus simple, mais moins efficace, et nous devrons tenir compte encore des pertes dans le cuivre.

Celles-ci se contrôlent aisément, le courant I_3 dans les bobines court-circuitées étant donné approximativement par la relation

$$\text{(16)} \qquad I_3 = \frac{N_2}{p_2 N_3}\,\frac{I}{v_2}.$$

Exemple pratique. — Déterminer les dimensions et enroulements d'un moteur de traction, d'après la figure 1, pour les données suivantes :

---

[1] Cette grandeur (en charge continue) peut atteindre environ les valeurs suivantes :

Pour $1000\frac{P}{n}$...	0,5	1	3	10	30	100	300
K en moyenne.	300	350	400	450	500	600	750

Puissance maximum........	70 chevaux
Nombre de tours par minute.	900
Tension....................	220 volts
Nombre de périodes.........	$c_1 = 25$
Nombre de pôles............	$p = 6$
$\cos\varphi = 0,88$................	$\tang\varphi = 0,539$
Rendement.................	86 pour 100 ($\eta = 0,86$)

Pour le calcul, nous adopterons

$$p_2 = p = 6, \quad \delta = 0^{cm},15,$$
$$\lambda = 0,5, \quad \rho = 0,8,$$
$$\beta = 0,6, \quad \nu_1 = 1,1,$$
$$\alpha = 1,6, \quad K = 550,$$

d'où nous tirons :

a. Dimensions et enroulement de l'induit. — L'équation (6) nous fournit tout d'abord le rapport

$$\frac{N_2}{N_1 p_2} = 1,04\left(\frac{1,5-\beta}{1-0,5\beta}\right)\frac{120 c_1}{pn}\nu_1\frac{1}{\tang\varphi}$$
$$= 1,04\left(\frac{1,5-0,6}{1-0,5.0,6}\right)\frac{120.25}{6.900}1,1\frac{1}{0,539} = \mathbf{1,52}.$$

Le diamètre de l'armature sera, d'après (13),

$$D = \sqrt[4]{\frac{22\,200.10^8}{1-0,5\beta}\frac{P}{n}\frac{\delta\alpha p}{\lambda k^2\eta\rho}\left(\frac{N_2}{N_1 p_2}\right)}$$
$$= \sqrt[4]{\frac{22\,200.10^8}{1-0,5.0,6}\frac{70}{900}\frac{0,15.1,6.6}{0,5.550^2.0,86.0,8}1,52} = \mathbf{48^{cm}}.$$

La longueur de l'armature sera

$$l = \lambda D = 0,5.48 = \mathbf{24^{cm}}.$$

b. Enroulement de l'induit. — Le courant dans l'armature est fourni par l'équation (9)

$$I = \frac{736P}{\eta\cos\varphi}\frac{1}{E} = \frac{736.70}{0,86.0,88}\frac{1}{220} = \mathbf{310}\text{ ampères};$$

d'où le nombre total de fils sur l'armature d'après (12)

$$N_2 = \frac{p_2 KD}{I} = \frac{6.550.48}{310} = \mathbf{512}.$$

Nous répartirons l'enroulement dans 128 rainures à 4 fils chacune.

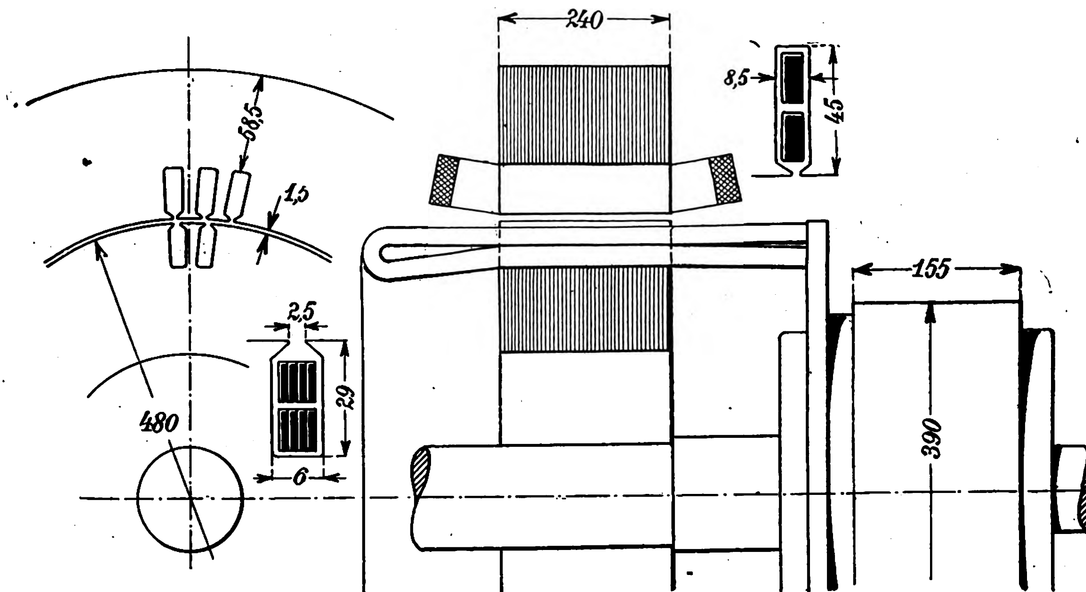


Fig. 4.

En adoptant une densité de courant de 4 amp : mm², la section du fil sera

$$s = \frac{310}{6.4} = 13^{mm^2}.$$

Nous adopterons un fil de $1,3 \times 10^{mm}$ nu et $2 \times 10^{mm},7$ isolé, placé facilement dans une rainure de 6^{mm} de large et 29^{mm} de profondeur (*fig.* 4).

c. Dimensions du collecteur et des balais. — Le *nombre de lamelles* N_k sera adopté de préférence égal à la moitié du nombre de fils, donc

$$N_k = \mathbf{256}.$$

Si l'épaisseur d'une lamelle est environ $0^{mm},48$, *le diamètre du collecteur* sera

$$D_2 = \frac{N_k\gamma_2}{\pi} = \frac{256.0,48}{\pi} = \text{environ } \mathbf{39^{cm}},$$

la vitesse circonférentielle maximum

$$v = \frac{0,39\pi.900}{60} = 18,4 \text{ m : sec}$$

étant encore admissible.

Les balais couvrent deux lamelles, donc $\mu = 2$; *la ten-*

sion lamellaire sera, d'après (8),

$$e_k = 188 \frac{E c_1 \mu}{n N_k} \cos\varphi = 188 \frac{220.25.2}{900.256} 0,88 = \mathbf{7,9} \text{ volts.}$$

Cette tension étant passablement élevée, des pôles auxiliaires seront indispensables. En adoptant l'épaisseur des balais $\gamma = 0^{cm},9$ et la densité du courant $i = 7,4$ amp : cm², nous obtiendrons par la formule (11) *la longueur du collecteur :*

$$l_2 = \frac{2I}{\gamma i p} = \frac{2.310}{0,9.7,4.6} = \mathbf{15^{cm},5}.$$

d. Dimensions et enroulement du champ. — Nous avons déjà

$$\frac{N_2}{N_1 p_2} = 1,52;$$

d'où

$$N_1 = \frac{N_2}{p_2} \frac{1}{1,52} = \frac{512}{6.1,52} = \mathbf{56}.$$

En admettant un fil dans chaque rainure, nous aurions, puisque 60 pour 100 seulement de la circonférence sont bobinés ($\beta = 0,6$), un nombre total de rainures de

$$\frac{56}{0,6} = 94;$$

nous adopterons 96 rainures.

Section du fil, à 3,5 ampères par millimètre carré :

$$s = \frac{310}{3,5} = 89^{mm^2}.$$

Dimensions du fil : $5,2 \times 16^{mm}$ nu, ou mieux 2 fils en parallèle de chacun $2,6 \times 16^{mm}$.

Flux maximum. — Nous l'obtenons par l'équation (3) :

$$\overline{\Phi} = \frac{\sqrt{2}.60.10^8 p_2}{N_2 np} E \cos\varphi$$
$$= \frac{\sqrt{2}.60.10^8.6}{512.900.6} 220.0,88 = \mathbf{3\,560\,000}.$$

La hauteur du fer serait pour un flux spécifique maximum 15800 dans le noyau de fer

$$h = \frac{\overline{\Phi}}{2\overline{B}_k l.0,8} = \frac{3\,560\,000}{2.15\,800.24.0,8} = \mathbf{5^{cm},85}.$$

Enroulement de compensation. — Le nombre total de fils de cet enroulement est, d'après l'équation,

$$(15) \qquad N_3 = \frac{N_2}{p_2} = \frac{512}{6} = 85;$$

nous adopterons 84.

Dimensions du fil comme pour N_1.

(En ce qui concerne l'*enroulement auxiliaire,* voir Chapitre IV.)

L'enroulement principal et l'enroulement de compensation seront disposés le plus profitablement en deux couches, les rainures vides servant pour l'enroulement auxiliaire.

Remarque. — Le même calcul peut s'appliquer aussi au cas où l'on doit utiliser et transformer un modèle existant de moteur triphasé, avec cette différence que le diamètre de l'induit étant approximativement connu, on calculera d'abord le coefficient K au moyen des équations (13) et (14); les autres valeurs se déduiront ensuite facilement.

Nous ferons remarquer en passant que, pour des puissances jusqu'à 15 chevaux, le moteur monophasé exige un modèle triphasé d'une puissance **2,5** à **3** fois plus élevée.

III. Moteur série a pôles saillants sans enroulement de compensation. — Nous emploierons la notation précédente, sauf qu'ici β représente le rapport de l'arc polaire à la division :

$$\beta = \frac{bp}{D\pi}.$$

Les formules précédentes deviennent :

A. *Flux.* — *Flux spécifique maximum dans l'entrefer :*

$$(1) \qquad \overline{B}_l = \sqrt{2}\frac{4\pi}{10}\frac{IN_1}{p}\frac{1}{2\delta\alpha};$$

d'où *champ utile*

$$(2) \qquad \overline{\Phi} = \overline{B}_l b l \rho = 2,8\beta \frac{IN_1}{p^2}\frac{Dl\rho}{\delta\alpha}.$$

B. *Forces électromotrices.* — Force électromotrice engendrée par la *rotation* de l'induit :

$$(3) \qquad E_r = E\cos\varphi$$
$$= \frac{1}{\sqrt{2}}\frac{\overline{\Phi}N_2}{60.10^8}\frac{np}{p_2} = \frac{1,97\beta}{10^8}\frac{IN_1N_2}{p^2 p_2}\frac{Dl\rho}{\delta\alpha}\frac{np}{60}.$$

La force électromotrice de *self-induction* E_s se compose de deux membres : la tension E'_s induite dans l'enroulement N_1 par le champ $\overline{\Phi}$, et la tension E''_s induite dans les fils de l'induit par le champ transversal (*fig.* 5) :

$$(4) \qquad E'_s = \frac{2,22 c_1 \overline{\Phi} N_1 \nu_1}{10^8} = \frac{6,18\beta}{10^8}\frac{IN_1^2}{p^2}\frac{Dl\rho}{\delta\alpha}c_1\nu_1,$$

$$(5) \qquad E''_s = \frac{2,06\beta^3}{10^8}\frac{IN_2^2}{p^2 p_2^2}\frac{Dl\rho}{\delta\alpha}\nu_2.$$

Remarque. — Strictement il faudrait introduire dans cette dernière formule, au lieu de α, un coefficient α_2 relatif à l'armature, et pouvant en être différent dans certain cas; mais, pour simplifier, nous poserons ces deux coefficients égaux entre eux.

En additionnant (4) et (5) nous obtenons

$$(6) \qquad E_s = E'_s + E''_s = E\sin\varphi$$
$$= I\left[\left(6,18 N_1^2 \nu_1 + 2,06 N_2^2 \frac{\beta^2 \nu_2}{p_2^2}\right)\frac{Dl\rho\beta c_1}{10^8 p^2 \delta\alpha}\right].$$

Cette équation nous permet de déterminer le courant de démarrage; désignons par $2\pi c_1 L$ (L = coefficient de self-induction) le terme contenu dans la grande parenthèse et par R la résistance totale en circuit, y compris celles du rotor et du stator; nous aurons

$$I_a = \frac{E}{\sqrt{R^2 + (2\pi c_1 L)^2}}.$$

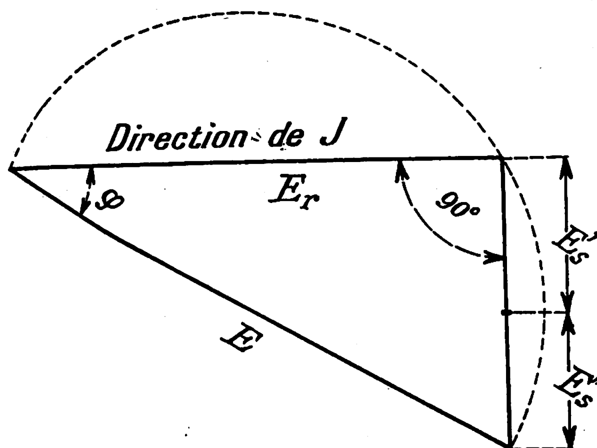


Fig. 5.

Décalage de phase entre le courant et la tension aux bornes :

$$(7)\quad \operatorname{tang}\varphi = \frac{E_s' + E_s''}{E_r}$$
$$= \left[1,57\left(\frac{N_1 p_2}{N_2}\right)v_1 + 0,523\,\beta^2\left(\frac{N_2}{N_1 p_2}\right)v_2\right]\frac{120 c_1}{np}$$
$$= \left(1,57\,u v_1 + 0,523\,\beta^2\frac{v_2}{u}\right)\frac{120 c_1}{np}.$$

Par contre, nous tirons de (7)

$$(8)\quad u = \frac{N_1 p_2}{N_2}$$
$$= \frac{\frac{np}{120 c_1}\operatorname{tang}\varphi + \sqrt{\left(\frac{np\operatorname{tang}\varphi}{120 c_1}\right)^2 - 3,29\,\beta^2 v_1 v_2}}{3,14 v_1}.$$

Remarque. — Pour que u soit une valeur réelle, il faut que

$$\left(\frac{np}{120 c_1}\operatorname{tang}\varphi\right)^2 = \left(\frac{c_2}{c_1}\operatorname{tang}^2\varphi\right) \geqq 3,29\,\beta^2 v_1 v_2.$$

Introduisons par exemple $\cos\varphi = 0,9$; donc

$$\operatorname{tang}\varphi = 0,477$$

et $v_1 = v_2 = 1,1$; nous aurons

$$\frac{c_2}{c_1} \geqq \frac{1,81\,\beta\sqrt{v_1 v_2}}{\operatorname{tang}\varphi};$$

si

$$\beta = 0,5, \qquad 0,6, \qquad 0,7,$$

nous aurons

$$\frac{c_2}{c_1} = 2,1, \qquad 2,5, \qquad 2,9.$$

Les machines à pôles saillants ne peuvent donc être actionnées rationnellement qu'avec un nombre de tours beaucoup supérieur au nombre de tours synchrones.

Cette disposition n'est, par suite, applicable que pour de petits nombres de périodes, comme ceux qu'on rencontre maintenant dans les chemins de fer modernes.

C. *Tension lamellaire :*

$$(9)\qquad e_k = \frac{2,22}{10^8}\,\frac{N_2}{N_k}\,\frac{p}{p_2}\,c_1\overline{\Phi}\mu,$$

ou bien en divisant par l'équation (3)

$$(10)\qquad e_k = 188\,\frac{E c_1 \mu}{n N_k}\cos\varphi.$$

D. *Dimensions du collecteur. — Diamètre :*

$$(11)\qquad D_2 = \frac{N_k \gamma_2}{\pi}.$$

Longueur :

$$(12)\qquad l_2 = \frac{2I}{\gamma i p},$$

dans laquelle

$$(13)\qquad I = \frac{736 P}{\eta\cos\varphi}\,\frac{1}{E}.$$

E. *Dimensions et enroulement de l'induit.* — Afin d'obtenir une formule générale comme précédemment, nous partirons de l'équation (3) qui donne en multipliant de part et d'autre par $IN_2 p^2$ et en introduisant

$$l = \lambda D \qquad \text{et} \qquad \frac{IN_2}{p_2} = KD,$$

$$(14)\qquad D = \sqrt[4]{\frac{22\,400.10^8}{\beta}\,\frac{P}{n}\,\frac{\delta\alpha p v_1}{\lambda k^2 \eta\varphi}\,\frac{1}{u}},$$

le coefficient u étant tiré de l'équation (8).

F. *Dimensions et enroulement du champ.* — La section du fer dépend du flux maximum $\overline{\Phi}$ pour lequel l'équation (3) donne

$$\overline{\Phi} = \frac{\sqrt{2}.60.10^8 p_2}{N_2 np}\,E\cos\varphi,$$

et il nous reste seulement à calculer N_1 par l'équation (8).

Exemple pratique. — Soit à déterminer les dimensions d'un moteur monophasé à collecteur pour une puissance intermittente de 300 chevaux à 700 tours et 15 périodes :

$$E = 300 \text{ volts}, \qquad \eta = 0,87, \qquad \cos\varphi = 0,93$$
$$(\operatorname{tang}\varphi = 0,394).$$

Nous adopterons comme bases du calcul

$$p_2 = p = 8, \quad \delta = 0{,}2,$$
$$\lambda = 0{,}35, \quad \rho = 0{,}8,$$
$$\beta = 0{,}5, \quad v_1 = 1{,}2, \quad v_2 = 1{,}1,$$
$$\alpha = 1{,}8, \quad K = 1090.$$

A. *Dimensions et enroulement de l'armature.* — L'équation (8) fournit

$$u = \frac{N_1 p_2}{N_2}$$
$$= \frac{\frac{np}{120 c_1}\operatorname{tang}\varphi + \sqrt{\left(\frac{np}{120 c_1}\operatorname{tang}\varphi\right)^2 - 3{,}29\beta^2 v_1 v_2}}{3{,}14 v_1}$$
$$= \frac{\frac{700.8}{120.15}0{,}394 + \sqrt{\left(\frac{700.8}{120.15}0{,}394\right)^2 - 3{,}29.0{,}5^2.1{,}2.1{,}1}}{3{,}14.1{,}2}$$
$$= \mathbf{0{,}496};$$

d'où, d'après (14), nous tirons le *diamètre de l'induit :*

$$D = \sqrt[4]{\frac{22\,400.10^8}{\beta}\,\frac{P}{n}\,\frac{\delta\alpha p v_1}{\lambda k^2 \eta\rho}\,\frac{1}{u}}$$
$$= \sqrt[4]{\frac{22400.10^8}{0{,}5}\,\frac{300}{700}\,\frac{0{,}2.1{,}8.8.1{,}2}{0{,}35.1090^2.0{,}87.0{,}8}\,\frac{1}{0{,}496}} = \mathbf{80^{cm}}.$$

Longueur de l'induit

$$l = \lambda D = 0{,}35.80 = \mathbf{28^{cm}}.$$

Remarque. — Pour faciliter le refroidissement, il est recommandable d'exécuter l'induit avec une fente d'air de 2^{cm} environ.

Intensité du courant :

$$I = \frac{736 P}{\eta \cos\varphi}\,\frac{1}{E} = \frac{736.300}{0{,}87.0{,}93}\,\frac{1}{300} = \mathbf{910} \text{ ampères},$$

d'où *nombre de fils :*

$$N_2 = \frac{p_2 K D}{I} = \frac{8.1090.80}{910} = 766; \quad \text{adopté } \mathbf{768}.$$

Pour une densité de courant de 4 amp : mm², la section du fil sera

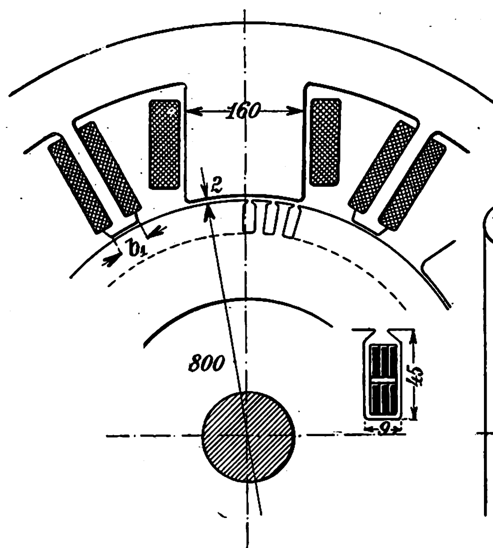
$$\frac{910}{4{,}2.8} = 27^{mm^2}.$$

Nous emploierons un fil de $1^{mm},5 \times 18^{mm}$, et un de $2^{mm},2 \times 18^{mm},7$ isolé.

En adoptant 6 fils par rainure, nous aurions

$$\frac{768}{6} = 128 \text{ rainures}$$

de 9^{mm} de large sur 45^{mm} de profondeur (*fig.* 6).



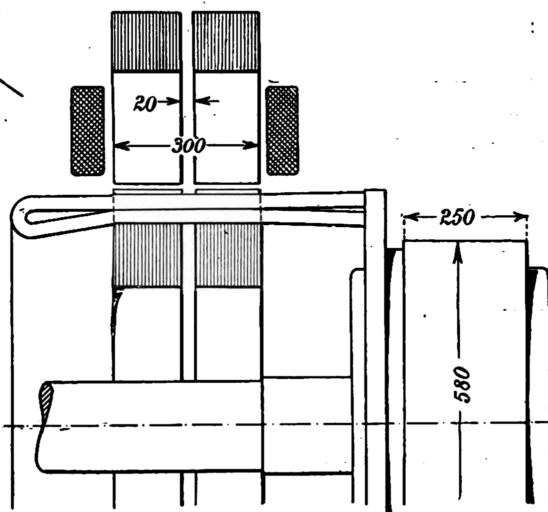


Fig. 6.

B. *Dimensions du collecteur.* — Nous introduirons de nouveau, pour le *nombre de lamelles,* le demi-nombre de fils; donc

$$N_k = \frac{N_2}{2} = \frac{768}{2} = \mathbf{384}.$$

Avant d'aller plus loin, nous devons contrôler la tension lamellaire.

En admettant qu'un balai couvre deux lamelles, la tension lamellaire sera, d'après l'équation (10),

$$e_k = \frac{188 E c_1 \mu}{n N_k}\cos\varphi = \frac{188.300.15.2}{700.384}0{,}93 = \mathbf{5{,}86}.$$

La machine devra donc être munie de pôles auxiliaires.

Adoptons l'épaisseur d'une lamelle + isolation, égale à $0^{cm},47$; le *diamètre du collecteur* sera

$$D_2 = \frac{N_k \gamma_2}{\pi} = \frac{384.0,47}{\pi} = 58^{cm}.$$

Ce diamètre correspond à une vitesse circonférentielle maximum de

$$\frac{0,58\pi.700}{60} = 21^{m},3,$$

ce qui est encore admissible pour une exécution soignée du collecteur.

Pour déterminer la longueur utile du collecteur, nous adopterons :

Densité de courant..... $10^{amp:cm^2}$
Épaisseur des balais...... $0^{cm},9$

d'où nous tirons de l'équation (12) la *longueur du collecteur :*

$$l_2 = \frac{2I}{\gamma i p} = \frac{2.910}{0,9.10.8} = 25^{cm}.$$

C. *Flux et nombre de fils* N_1. — *Flux maximum,* d'après l'équation (3),

$$\overline{\Phi} = \frac{\sqrt{2}.60.10^8 p_2}{N_2 n p} E \cos\varphi$$
$$= \frac{\sqrt{2}.60.10^8.300.0,93}{768.700.8} = 4\,400\,000,$$

et enfin le *nombre de fils*

$$N_1 = u\frac{N_2}{p_2} = 0,496\frac{768}{8} = 48.$$

Nous n'avons pas besoin ici d'étudier de plus près le calcul de la section du fer ainsi que des pertes ; pour l'enroulement des pôles auxiliaires, *voir* Chapitre suivant.

IV. Moyens pour éliminer la production d'étincelles. — A. *Remarques générales.* — La consommation du moteur monophasé se distingue de celle du moteur à courant continu en ceci que, dans ce dernier, on n'a à s'occuper que de la self-induction des spires court-circuitées, produisant, comme on sait, un retard de la commutation. Dans le moteur monophasé, par contre, les bobines court-circuitées sont aussi sous l'action du champ principal, variable en intensité, lequel accélère la commutation lorsque le courant augmente, et la retarde, au contraire, lorsque le courant diminue, ainsi que sous l'influence du champ transversal, produit par l'induit.

Le seul moyen disponible pour annuler complètement l'action de ces trois forces électromotrices est d'employer des *pôles auxiliaires.*

La tension engendrée par la rotation de l'induit est en phase avec le champ, tandis que celle obtenue par induction retarde de 90° sur le champ. Rationnellement, les pôles auxiliaires devraient donc posséder deux enroulements : le *premier* parcouru par le courant principal et opposé à l'induction transversale, annulant la self-induction et le champ transversal ; le *second* parcouru par un courant retardé de 90° sur le courant principal et annulant l'induction due au champ principal. Il est évident que l'action reste la même si, au lieu de ces deux enroulements, nous n'en employons qu'un, parcouru par un courant décalé d'un certain angle sur le courant principal ; toutefois, il faudra tenir compte en ce cas des différentes connexions qui peuvent se présenter, ainsi que des décalages différents, nécessités par une charge variable.

La décomposition de l'enroulement auxiliaire en deux enroulements distincts présente, en outre, le grand avantage de pouvoir répartir l'enroulement destiné à compenser l'induction transversale sur toute la surface polaire et d'annuler ainsi le décalage de phase que produit, sans cela, le champ transversal.

Une connexion applicable à n'importe quelle charge, et n'importe quel nombre de tours, est, de prime abord, impossible, du moins avec les moyens qui sont jusqu'à ce jour à notre disposition, puisque la contre-tension induite par les pôles auxiliaires dépend directement du nombre de tours qui, au démarrage, est égal à zéro, alors que juste en ce moment la tension induite par le champ principal et la self-induction des bobines atteignent leur maximum.

Nous ne pouvons naturellement pas, ici, faire une théorie détaillée sur la commutation, sans sortir du cadre de cet article. Dans ce qui suit, nous indiquerons rapidement la marche à suivre approximativement pour le calcul des pôles auxiliaires. Nous ferons remarquer spécialement que, pour simplifier le calcul, nous avons négligé l'influence de la self-induction pour laquelle nous ne possédons, du reste, que très peu de données précises. Les angles ψ, calculés plus loin, seront donc un peu grands, et, en pratique, il faudrait renforcer un peu le champ des pôles auxiliaires, ce qui peut se faire facilement en changeant légèrement l'enroulement.

B. *Calcul des pôles auxiliaires.* — Comme il fut remarqué au commencement, les bobines court-circuitées sont soumises à l'action de trois forces électromotrices, savoir :

La force électromotrice e_k induite par le champ principal $\overline{\Phi}$;

La force électromotrice e_q due à la rotation des bobines dans le champ transversal $\overline{\Phi_q}$;

La force électromotrice e_h engendrée par la rotation des bobines dans le champ $\overline{\Phi_h}$ des pôles auxiliaires.

Les deux premiers champs sont de même phase que le courant I; par contre, le champ $\overline{\Phi_h}$ est, en général, décalé d'un angle β sur le courant (*fig.* 7).

Les grandeurs de ces champs sont données par les formules déjà connues :

$$(1) \qquad \overline{\Phi} = 2,8(1-0,5\beta)\frac{IN_1}{p^2}\frac{Dl\rho}{\delta\alpha}$$

(pour les moteurs à enroulements répartis), ou bien

$$\overline{\Phi} = 2,8\beta\frac{IN_1}{p^2}\frac{Dl\rho}{\delta\alpha}$$

3...

(dans les moteurs à pôles saillants);

(2) $$\overline{\Phi_q} = 0{,}885 \frac{\mathrm{I}\,\mathrm{N}_2}{pp_2} \frac{b_1 l \rho}{\delta \alpha} \mathrm{M},$$

où M est un coefficient ayant pour valeur :
0 dans les machines compensées d'après schéma (*fig.* 1);
0,5 » » (*fig.* 2);
1 dans les machines non compensées;

(3) $$\Phi_h = 0{,}885 \frac{i_0 \mathrm{N}_4}{p} \frac{b_1 l \rho}{\delta \alpha}.$$

D'où les valeurs maxima suivantes pour les tensions :

(4) $$\overline{e_k} = \frac{2\pi c_1}{10^8} \frac{\mathrm{N}_2}{2\mathrm{N}_k} \frac{p}{p_2} \overline{\Phi}$$
$$= 8{,}8(1 - 0{,}5\beta)\left(\frac{c_1 \mathrm{N}_2 \mathrm{D} l \rho}{10^8 \mathrm{N}_k p p_2 \delta\alpha}\right) \mathrm{IN}_1;$$

pour les moteurs à pôles saillants, il faudra introduire dans cette formule, au lieu de $(1 - 0{,}5\beta)$, seulement β;

(5) $$\overline{e_q} = \frac{\mathrm{D}\pi n}{60.10^8} \frac{\mathrm{N}_2}{\mathrm{N}_k} \frac{p}{p_2} \frac{\overline{\Phi_q}}{b_1}$$
$$= 5{,}6\left(\frac{np}{120 c_1}\right) \mathrm{M} \left(\frac{c_1 \mathrm{N}_2 \mathrm{D} l \rho}{10^8 \mathrm{N}_k p p_2 \delta\alpha}\right) \frac{\mathrm{IN}_2}{p_2},$$

(6) $$\overline{e_h} = \frac{\mathrm{D}\pi n}{60.10^8} \frac{\mathrm{N}_2}{\mathrm{N}_k} \frac{p}{p_2} \frac{\overline{\Phi_h}}{b_1}$$
$$= 5{,}6\left(\frac{np}{120 c_1}\right)\left(\frac{c_1 \mathrm{N}_2 \mathrm{D} l \rho}{10^8 \mathrm{N}_k p p_2 \delta\alpha}\right) i_0 \mathrm{N}_4.$$

En adoptant une connexion convenable, la force électromotrice e_k résultante sera, à un moment quelconque :

$$e_{\text{résult.}}^{(\text{mom.})} = \overline{e_q} \sin\alpha - \overline{e_k} \cos\alpha - \overline{e_h} \sin(\alpha - \psi) \quad (\text{voir } fig.\ 7).$$

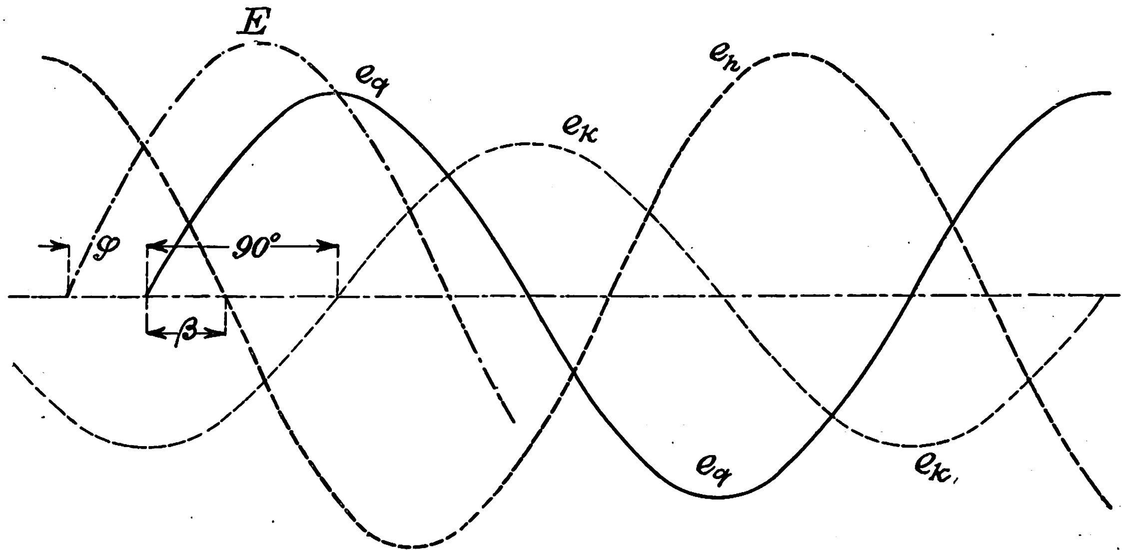


Fig. 7.

Cette équation peut se transformer comme suit :

(7) $$e_{\text{résult.}}^{(\text{mom.})} = \sqrt{\overline{e_q}^2 + \overline{e_k}^2} \sin(\alpha - x) - \overline{e_h} \sin(\alpha - \psi),$$

dans laquelle on posera

$$\operatorname{tang} x = \frac{\overline{e_k}}{\overline{e_q}}.$$

Pour que la tension résultante soit égale à zéro, il faut que $x = \psi$; alors il reste

(8) $$\sqrt{\overline{e_q}^2 + \overline{e_k}^2} = \overline{e_h}$$

ou bien

$$\overline{e_q}\sqrt{1 + \operatorname{tang}^2 x} = \overline{e_h},$$

et, en introduisant les valeurs de $\overline{e_q}$, $\overline{e_k}$, $\overline{e_h}$ tirées des équations (4) à (6), nous aurons

(9) $$\frac{\mathrm{IN}_2}{p_2} \mathrm{M} \sqrt{1 + \operatorname{tang}^2 x} = i_0 \mathrm{N}_4,$$

(10) $$\operatorname{tang} x = \frac{1{,}57}{\mathrm{M}} (1 - 0{,}5\beta) \frac{\mathrm{N}_1 p_2}{\mathrm{N}_2} \left(\frac{120 c_1}{np}\right).$$

Remarque. — Dans les machines à pôles saillants, il faudra introduire, au lieu de $1 - 0{,}5\beta$, seulement β, dans l'équation (10).

Nous avons à considérer maintenant les différents cas suivants :

Premier cas. — L'induction transversale est complètement annulée par l'enroulement de compensation, donc $\mathrm{M} = 0$. — Ceci n'est possible que lorsque l'enroulement de compensation est en série avec l'induit et qu'il possède un nombre d'ampères-tours au moins égal à celui de l'induit. Dans l'équation (9) le

premier terme sous la racine disparaît et il reste

$$(11)\qquad 1,57(1-0,5\beta)\frac{120c_1}{pn}\mathrm{I}N_1 = i_0 N_4.$$

Mais, d'après la condition ci-dessus,

$$\operatorname{tang} x = \frac{\overline{e_k}}{\overline{e_q}} = \infty,$$

donc

$$x = 90°$$

et, par suite, aussi

$$\psi = 90°.$$

Ceci arrive, exactement, lorsque l'enroulement des pôles auxiliaires est soit connecté directement sur les balais (*fig.* 8), ou bien, ce qui dans certains cas est

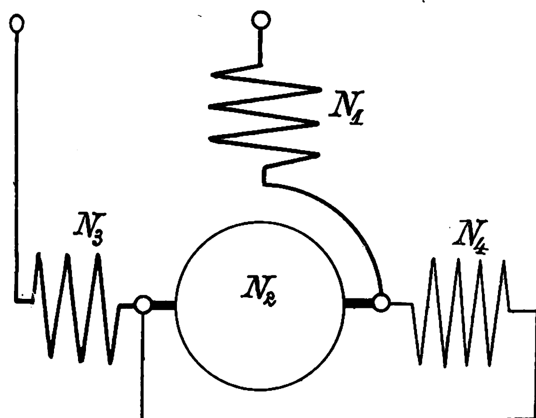


Fig. 8.

préférable, connecté par l'intermédiaire d'un autotransformateur (*fig.* 8bis). De cette connexion il résulte immédiatement que nous pouvons poser la force électromotrice e_s, égale à la tension aux balais, en négligeant évidemment la résistance ohmique; donc

$$(12)\qquad e_s = \mathrm{E}_r,$$

ou bien

$$\frac{1,96}{10^8}\,\frac{c_1 i_0 N_4^2 b_1 l\rho}{p\delta\alpha} = \frac{N_2}{\sqrt{2}.60.10^8}\,\frac{np}{p_2}\,2,8(1-\beta)\,\frac{\mathrm{I}N_1 \mathrm{D} l\rho}{p^2\delta\alpha}$$

[*voir* équations (2) et (3) du Chapitre II] et en multipliant les équations (11) et (12), membre à membre, on a

$$(13)\qquad N_4 = 1,29\frac{N_2}{p_2}\,\frac{\mathrm{D}}{b_1 p}\left(\frac{pn}{120c_1}\right)^2.$$

Les équations (13) et (11) suffisent pour déterminer le nombre de fils, le courant d'excitation et la section du fil de l'enroulement auxiliaire.

Deuxième cas. — ***L'enroulement de compensation est mis en court-circuit*** (*fig.* 2). — Alors $\mathrm{M} = 0,5$ et l'équation (10) devient

$$0,5\frac{\mathrm{I}N_2}{p_2}\sqrt{1+\left[3,14(1-0,5\beta)\frac{120c_1}{pn}\,\frac{N_1 p_2}{N_2}\right]^2} = i_0 N_4,$$

ou encore

$$0,5\frac{\mathrm{I}N_2}{p_2}\sqrt{1+\operatorname{tang}^2 x} = i_0 N_4.$$

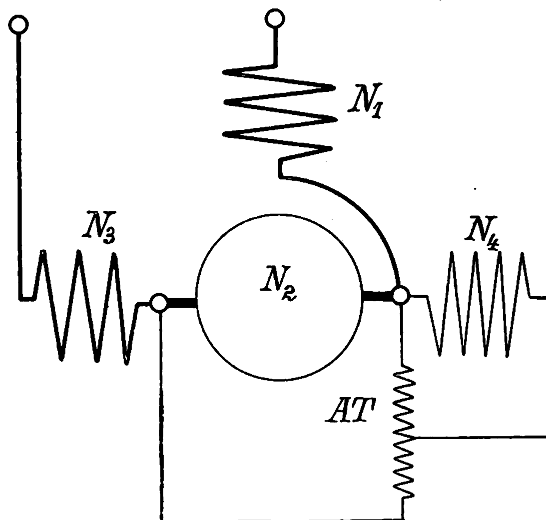


Fig. 8 *bis*.

Il suffit d'examiner la formule (6) du Chapitre II pour s'apercevoir que tang x n'est rien d'autre que

$$\frac{1,5(1-0,5\beta)^2}{\nu_1(1,5-\beta)}\operatorname{tang}\varphi,$$

ou bien, avec une approximation suffisante,

$$\operatorname{tang} x = 1,5\operatorname{tang}\varphi.$$

De ceci peut se déduire la Table suivante pour différentes valeurs adoptées de φ:

φ.	cos φ	tang φ.	tang x.	x.	$\mathrm{M}\sqrt{1+\operatorname{tang}^2 x}$.
25°50'	0,9	0,484	0,725	35°55'	0,62
31.50	0,85	0,618	0,93	42.55	0,68
36.50	0,8	0,749	1,12	50.10	0,75

Puisque déjà, pour un $\cos\varphi = 0,85$, la somme des angles $x+\varphi$ se rapproche très près de 90° (voir *fig.* 9), la connexion la plus favorable des pôles auxiliaires sera évidemment, dans ce cas, de les brancher directement aux balais.

Nous aurons alors

$$(14)\qquad 0,68\frac{\mathrm{I}N_2}{p_2} = i_0 N_4$$

et

$$(15)\qquad 1,96\frac{c_1 i_0 N_4^2 b_1 l\rho}{10^8 p\delta\alpha} = \mathrm{E};$$

d'où

(16) $$N_4 = 0,75 \frac{E.10^8.p\delta p_2}{IN_2 b_1 l \rho}.$$

Troisième cas. — Le moteur est muni de pôles saillants sans enroulement de compensation. — Nous aurions ainsi

$$M = 1,$$

(17) $$\frac{IN_2}{p_2}\sqrt{1+\text{tang}^2 x} = i_0 N_4,$$

(18) $$\text{tang}\, x = 1,57\beta \frac{N_1 p_2}{N_2}\left(\frac{120 c_1}{np}\right);$$

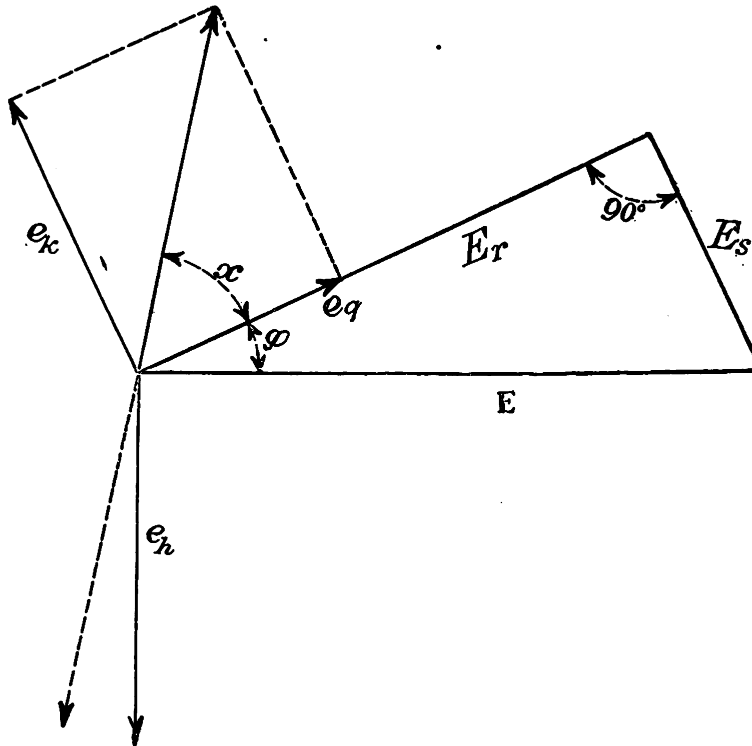


Fig. 9.

tang$x$ sera, en général, de l'ordre de grandeur 0,15 à 0,2 et tang²x sous la racine pourra être négligé. Il restera donc

$$\frac{IN_2}{p_2} = i_0 N_4.$$

Pour des décalages de phase aussi petits, la connexion patentée des Ateliers de construction Œrlikon s'appliquera à merveille; elle consiste à brancher les pôles auxiliaires avant l'armature et, en parallèle sur eux, une résistance R. Le courant total I se décomposera donc en deux courants (*fig.* 10):

(19) $$i_0 = I\cos x = I\frac{1}{\sqrt{1+\text{tang}^2 x}},$$

(20) $$i = I\sin x = I\frac{\text{tang}\, x}{\sqrt{1+\text{tang}^2 x}}.$$

Mais, comme nous avons vu plus haut que tang²x est négligeable par rapport à 1, il nous restera

$$i_0 = I \qquad \text{et} \qquad N_4 = \frac{N_2}{p_2}.$$

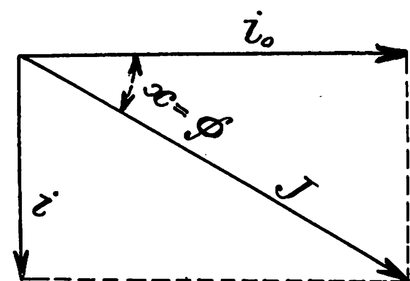


Fig. 10.

Nous ne nous arrêterons pas au calcul des dimensions du fil; par contre, il est tout à fait intéressant de rechercher la perte d'énergie dans la résistance R. De la

connexion elle-même se déduit

$$e_s = i\,\mathrm{R},$$

ou bien, en multipliant de part et d'autre par i,

$$i e_s = i^2 \mathrm{R}.$$

En introduisant dans cette équation pour e_s, i_0, N_4, tang$x$ et i les valeurs obtenues dans les équations (12) et (17) à (20), nous aurons en effectuant :

Perte en watts :

$$(21)\quad 0{,}785\,\frac{b_1 p}{\mathrm{D}}\left(\frac{120 c_1}{np}\right)^2\left(\frac{1{,}96\beta \mathrm{N}_1\mathrm{N}_2}{10^8 p^2 p_2}\,\frac{\mathrm{D}\,l\,\rho\,np}{\delta\alpha.60}\right)\mathrm{I}.$$

Le terme entre parenthèses n'est rien d'autre que E cosφ [*voir* éq. (3), Chap. III], et nous obtenons, en définitif :

Perte en watts :

$$(22)\qquad 0{,}785\,\frac{b_1 p}{\mathrm{D}}\left(\frac{120 c_1}{np}\right)^2 \mathrm{EI}\cos\varphi,$$

ou bien :

Perte en watts, en pour 100 :

$$(23)\qquad 78{,}5\,\frac{b_1 p}{\mathrm{D}}\left(\frac{120 c_1}{np}\right)^2.$$

Dans le moteur (*fig.* 6), nous avons

$$b_1 = 2^{\mathrm{cm}},5,\qquad p = 8,\qquad n = 700,$$
$$\mathrm{D} = 80^{\mathrm{cm}},\qquad c_1 = 15;$$

la perte en watts, en pour 100, dans le shunt sera donc

$$78{,}5\,\frac{2{,}5.8}{80}\left(\frac{120.15}{700.8}\right)^2 = 2 \text{ pour } 100.$$

C. *Emploi de résistances pour les connexions au commutateur.* — Un moyen très simple pour réduire la production d'étincelles et qui, à l'inverse de ce qui

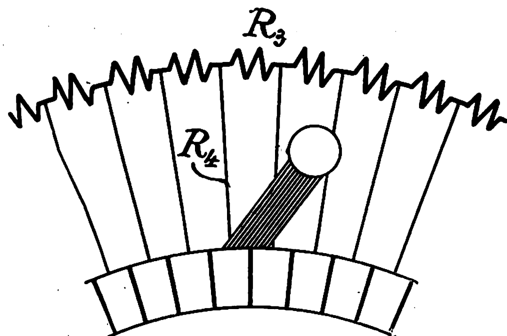


Fig. 11.

précède, serait surtout utile au démarrage, consisterait à exécuter les connexions entre l'enroulement de l'armature et le collecteur, au moyen de fil de résistance (*fig.* 11). En effet, la production d'étincelles dépend beaucoup plus du courant de court-circuit que de la tension lamellaire, puisque la raison de cette formation est surtout à rechercher dans une densité de courant trop grande aux balais.

Les résistances devront donc être calculées de façon que le courant de court-circuit i_k ne soit pas plus grand que le courant normal $\frac{\mathrm{I}}{p_2}$.

Mais, ces connexions produisant naturellement une perte de tension, nous devons rechercher de quelle grandeur est la chute de tension qui en résulte.

Soient :

R_2 la résistance totale de l'armature;

R_4 la résistance d'une connexion;

100ε la perte de tension en pour 100 dans les connexions;

$\varepsilon\mathrm{E}$ la perte de tension totale dans les connexions.

Cette dernière valeur est, pour la position la plus défavorable des balais, si le nombre des prises de courant est égal au nombre de pôles,

$$\varepsilon\mathrm{E} = \left(\frac{2\mathrm{I}}{p}\right)\frac{2\mathrm{R}_4}{\mu};$$

d'où

$$(24)\qquad \mathrm{R}_4 = \frac{\mu p \varepsilon \mathrm{E}}{4\mathrm{I}}.$$

En négligeant la résistance des bobines de l'armature, ce qui ne peut changer le résultat que de 5 à 6 pour 100 au maximum, et laissant de côté l'effet de la self-induction des bobines, nous obtenons, par suite, au moment du démarrage, un courant

$$i_k = \frac{\text{tension lamellaire} - \text{pertes aux balais}}{2\mathrm{R}_4},$$

$$(25)\qquad i_k = (e_k - 2)\,\frac{2\mathrm{I}}{\mu p \varepsilon \mathrm{E}}.$$

Et comme nous avons adopté au commencement que

$$i_k = \frac{\mathrm{I}}{2 p_2},$$

nous aurons

$$(26)\qquad \varepsilon = (e_k - 2)\,\frac{2 p_2}{\mu p \mathrm{E}},$$

Exemple pratique. — Quelle serait la chute de tension dans les fils de connexions d'un moteur possédant les données suivantes, si le courant de court-circuit ne doit pas être supérieur au courant normal :

$$\mathrm{E} = 250 \text{ volts},\qquad \mu = 2,$$
$$\mathrm{I} = 236 \text{ ampères},\qquad e_k = 7 \text{ volts},$$
$$p = p_2 = 6\,?$$

Nous avons

$$\varepsilon = (e_k - 2)\,\frac{2 p_2}{\mu p \mathrm{E}} = (7 - 2)\,\frac{2.6}{2.6.250} = 0{,}02,$$

c'est-à-dire la perte de tension est

$$100.0{,}02 = 2 \text{ pour } 100.$$

$$\mathrm{R}_4 = \frac{\mu p \varepsilon \mathrm{E}}{4\mathrm{I}} = \frac{2.6.0{,}02.250}{4.236} = 0{,}0635 \text{ ohm}.$$

3....

Remarque. — Rigoureusement, la valeur de ε tirée de (3) est un peu grande, car la self-induction des bobines diminue le courant de court-circuit.

La tension due à la self-induction, se combinant à 90° avec les pertes ohmiques, serait environ de l'ordre de grandeur $\left(\frac{I}{p^2}\right)\frac{0,2}{10^8}\frac{N_2^2}{N_k}\,ln$, ce qui donnerait comme valeur de la résistance des connexions

$$2R'_4 = \sqrt{4R_4^2 + \left(\frac{0,2}{10^8}\frac{N_2^2}{N_k}\,ln\right)^2} \text{ ohms.}$$

Dans le moteur considéré, on obtient

$$\frac{0,2}{10^8}\frac{N_2^2}{N_k}\,ln = 0,044, \qquad 2R'_4 = 0,127.$$

Puisque le courant de court-circuit ne doit pas dépasser le courant normal, il suffit que

$$2R_4 = \sqrt{\overline{0,127}^2 - 0,044^2} = 0,119 \text{ ohm},$$

au lieu de 0,127, ce qui abaisse la perte à 1,75 pour 100. La différence est minime comme on voit et l'on peut très bien négliger cette correction.

Les résistances de connexions peuvent être employées aussi dans les machines à pôles auxiliaires et donnent de bons résultats au démarrage, de même pour *les moteurs à répulsion,* ceux-ci ne pouvant pas être exécutés avec pôles auxiliaires.

Au point de vue de la construction, ces connexions présentent certains inconvénients : on devra veiller, en particulier, à posséder une *capacité calorique* toujours suffisante, afin qu'au démarrage les connexions ne puissent pas se dessouder. Ceci s'explique plus facilement par un exemple concret : admettons qu'une telle connexion ait une résistance de 0,01 ohm et un poids de $0^{kg},005$; le courant de démarrage étant 65 ampères et le moteur ne se mettant en marche pour une raison quelconque qu'au bout de 7 secondes.

Pendant ce laps de temps il se développera, dans la connexion,

$$\frac{7 \cdot 0,01 \cdot 65^2}{414 \cdot 9,81} = 0,0728 \text{ calorie.}$$

Admettons 0,1 pour la *chaleur spécifique* du fil de résistance (nous ne possédons malheureusement pas de données plus exactes). *S'il ne se produit pas un rayonnement actif de la chaleur développée, le fil s'échauffera à une température de*

$$\frac{0,0728}{0,005 \cdot 0,1} = 146^\circ \text{ C.},$$

ce qui occasionnera immanquablement une fusion des points de soudures. Par cet exemple tiré de la pratique, on voit combien il est important d'étudier tout d'abord, de façon claire et précise, comment se comporteront ces connexions, au moment du démarrage. Les indications qui suivent, bien que n'étant pas données comme absolument exactes, fourniront quelques points de départ pour le calcul de ces connexions :

Soient :

L la longueur d'une connexion en mètres;
s la section en millimètres;
G le poids en kilogrammes;
T le temps en secondes qui s'écoule jusqu'à ce que le moteur se mette en mouvement;
t l'échauffement en degrés centigrades;
C le développement de chaleur en calories;
0,4 la résistance spécifique;
8,5 le poids spécifique;
w la perte en watts;

Nous pourrons écrire les équations suivantes :

Résistance :

$$(27) \qquad R_4 = \frac{0,4\,L}{s} = \frac{\varepsilon\mu p E}{4I}$$

[*voir* équation (24)].

Poids :

$$(28) \qquad G = 0,0085\,Ls.$$

Perte maximum en watts :

$$(29) \qquad w = R_4\left(\frac{2I}{p\mu}\right)^2 = \frac{0,4\,L}{s}\left(\frac{2I}{p\mu}\right)^2;$$

d'où chaleur développée en calories :

$$(30) \qquad C = \frac{wT}{4050} = \frac{0,4\,L}{s}\left(\frac{2I}{p\mu}\right)^2\frac{T}{4050},$$

et enfin *élévation de température :*

$$t = \frac{C}{0,1\,G} = \frac{T}{2,15}\left(\frac{I}{sp\mu}\right)^2,$$

ou bien, en introduisant pour s la valeur tirée de (27),

$$(31) \qquad t = \frac{T}{5,5}\frac{\varepsilon^2 E^2}{L^2}$$

ou bien

$$(32) \qquad L = \frac{\varepsilon E}{2,34}\sqrt{\frac{T}{t}}.$$

Dans l'exemple ci-dessus, la longueur d'une connexion était $0^m,125$ et la perte de tension au démarrage 1,34 volt ($E_2 = 65$ volts; $\varepsilon = 0,0204$).

La formule (31) fournit comme élévation de température correspondante

$$t = \frac{7}{5,5}\frac{1,34^2}{0,125^2} = 146^\circ \text{ C.}$$

V. Étude graphique du moteur en série. — Afin de se faire rapidement une idée exacte du fonctionnement du

moteur sous différentes charges, nombre de tours variable et différents décalages, on se servira avec succès du procédé graphique, le système des coordonnées polaires étant ici le plus pratique.

Dans la figure 12, OQ représente la force électromotrice E_r due à la rotation de l'induit et QP la force électromotrice E_s due à la self-induction.

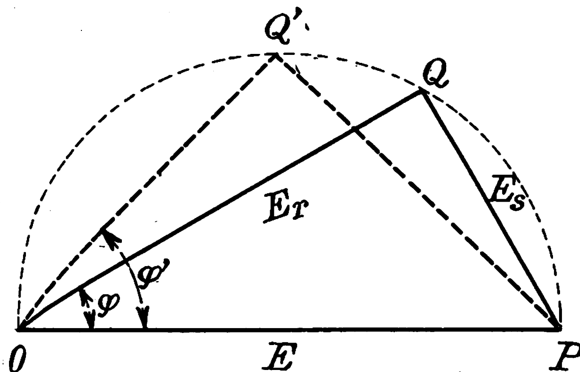


Fig. 12.

E_r et E_s étant perpendiculaires entre elles, et la somme de leurs carrés égale au carré de la tension aux bornes E, le point Q doit se mouvoir sur un arc de cercle.

Mais E_s est une grandeur approximativement proportionnelle au courant et elle atteint son maximum

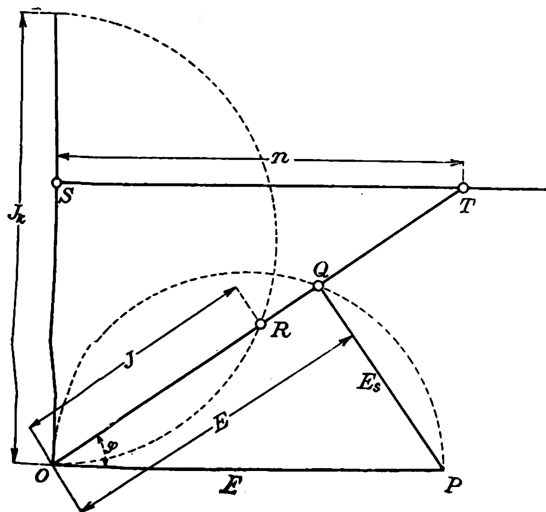


Fig. 13.

lorsque $\varphi = 90°$, en devenant égale à E. Le courant de court-circuit I_k, qui se présente à ce moment, se calcule aisément en introduisant, dans l'équation (5) du Chapitre II ou encore dans l'équation (6) du Chapitre III, $E_s = E$.

Nous porterons ce courant de court-circuit depuis O perpendiculairement sur OP et mènerons par ce point un arc de cercle (*fig.* 13).

Pour un décalage quelconque φ, *l'intensité correspondante sera mesurée directement par le segment* OR *du rayon vecteur sur cet arc de cercle.*

Il nous reste encore à déterminer le nombre de tours n, pour lequel les équations (6) du Chapitre II et (7) du Chapitre III entrent en considération.

Menons à une distance déterminée OS une parallèle à OP; nous aurons

$$ST = \frac{OS}{\tang \varphi};$$

suivant que nous aurons affaire à un moteur à enroulement réparti, ou bien à pôles saillants, il nous suffira de faire

$$OS = 1,04\left(\frac{1,5-\beta}{1-0,5\beta}\right)\frac{120\,u c_1 v_1}{p},$$

respectivement

$$OS = \left(1,57\,u v_1 + 0,52\,\frac{\beta^2 v_2}{u}\right)\frac{120\,c_1}{p},$$

et nous aurons

$$ST = n.$$

La figure 13 nous montre aussi immédiatement quelle sera la *puissance maximum* que le moteur pourra fournir.

La puissance étant proportionnelle au produit de la tension E (considérée comme constante) et de $I \cos\varphi$, c'est-à-dire de la projection du courant sur la tension, la puissance maximum sera évidemment atteinte lorsque

$$I \cos\varphi = \frac{I_k}{2},$$

c'est-à-dire pour un décalage de phase de 45°.

Dans certains cas, en particulier dans le domaine de la traction, pour laquelle ces moteurs sont spécialement destinés, le diagramme (*fig.* 13) n'est pas encore assez pratique, car, là, l'essentiel est d'obtenir une relation simple entre la force de traction et le nombre de tours, respectivement la vitesse du véhicule. Cette relation s'obtient facilement au moyen du raisonnement suivant :

Soient

Z la force de traction à la circonférence de l'armature;

$\frac{D\pi n}{6000}$ la vitesse circonférencielle en mètres par seconde.

Nous aurons

$$(1)\quad Z = \frac{6000}{D\pi n}\,\frac{IE}{9,81}\,n\cos\varphi = \frac{6000}{D\pi n}\,\frac{I_k E}{9,81}\,\eta \sin\varphi\cos\varphi.$$

Remplaçons les sin et cos par tang, où, en général, on peut poser

$$\tang\varphi = \frac{X}{n};$$

(1) devient

$$(2) \qquad Z = \frac{6000}{D\pi} \frac{I_k E \eta}{9,81} \frac{X}{(n^2 + X^2)}.$$

Dans cette équation, nous avons, pour les *moteurs à enroulement réparti,*

$$(3) \qquad I_k = \frac{E}{4,14(1,5 - \beta)} \frac{p^2 \delta \alpha 10^8}{N_1^2 D l \rho c_1 v_1}$$

et

$$(4) \qquad X = 1,04 \left(\frac{1,5 - \beta}{1 - 0,5\beta}\right) u \frac{120 c_1}{p} v_1,$$

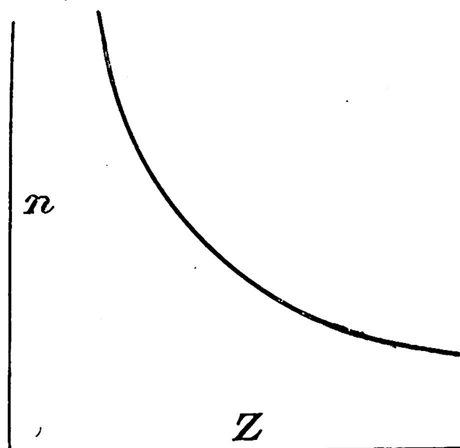


Fig. 14.

ou bien, pour les *moteurs à pôles saillants,*

$$(5) \qquad I_k = \frac{E}{\left(6,18 N_1^2 v_1 + 2,06 \frac{N_2^2 \beta^2 v_2}{p_2^2}\right)} \frac{p^2 \delta \alpha . 10^8}{D l \rho c_1 \beta}$$

et

$$(6) \qquad X = \left(1,57 u v_1 + 0,523 \frac{\beta^2 v_2}{u}\right) \frac{120 c_1}{p}.$$

La formule (2) nous montre explicitement comment Z varie en fonction de n.

Les valeurs obtenues pour Z seront portées rationnellement sous forme de courbe (*fig.* 14), pour laquelle naturellement on devra adopter un certain rendement, à contrôler par la suite.

Il sera profitable d'introduire, à côté de l'échelle des nombres de tours, une autre échelle indiquant directement la vitesse en kilomètres par heure, ce qui se fait facilement, connaissant les rapports de transmission et le diamètre des roues. A cette occasion, nous rappellerons l'article publié par l'auteur dans la *Zeitschrift für Elektrotechnik,* 1893, cahiers 11 et 12, dans lequel est indiqué comment on peut, au moyen de cette courbe, déterminer la vitesse du véhicule dans les différentes pentes.

J. FISCHER-HINNEN,
Ingénieur à Œrlikon.

(*A suivre.*)

DIVERS.

Prix de revient du pétrissage par pétrins mus électriquement. — Le Syndicat de la Boulangerie de Paris a entrepris des essais comparatifs sur 14 pétrins mécaniques. Chaque pétrissée comprenait 110^{kg} de farine, $1^{kg},1$ de levure, $1^{kg},650$ de sel et 60^{kg} d'eau, soit au total $172^{kg},750$ de pâte ferme. Les mesures faites à la Station d'Essais de Machines par M. Ringelmann et relatées par ce dernier dans une communication à la séance du 10 mai de l'Académie des Sciences ont montré que le travail mécanique total nécessaire à une pétrissée varie de 19476^{kgm} à 185380^{kgm} suivant le système de pétrin et que la puissance maximum qui est exigée au moment de la prise de la pâte est comprise entre 0,41 et 5 chevaux. Connaissant la puissance requise à vide, qui variait de 1,75 à 32,42 kgm : sec, et la durée de l'opération (6 à 15 minutes 30 secondes), on trouva que le travail dépensé pour la confection de $172^{kg},75$ de pâte ferme est, suivant la machine, de 16664^{kgm} à 175983^{kgm}.

Les pétrins considérés par la Commission comme excellents sous tous les rapports exigent de 44400^{kgm} à 58000^{kgm} par pétrissée. Lorsque ces pétrins sont actionnés par des moteurs électriques, la dépense d'énergie électrique, calculée d'après le tarif parisien de $0^{fr},30$ par kilowatt-heure, varie de $0^{fr},06$ à $0^{fr},08$ par pétrissée, dépense de beaucoup inférieure à celle résultant du pétrissage à la main, lequel est moins hygiénique et ne donne pas de pain de meilleure qualité que le pétrissage mécanique.

ÉLECTROCHIMIE ET ÉLECTROMÉTALLURGIE.

FIXATION DE L'AZOTE.

Sur la fixation de l'azote par le carbure de calcium, par GINO POLLACCI (*Zeitschrift f. Elektrochemie*, t. XIV, 4 septembre 1908, p. 565). — On sait que Frank et Caro ont obtenu la cyanamide calcique en chauffant entre 1100° et 1200° C. le carbure de calcium commercial en présence de l'azote. Polzenius a trouvé qu'une addition de chlorure de calcium au carbure augmente la vitesse et diminue la température de réaction. Carlson a découvert que l'addition du fluorure de calcium a les mêmes propriétés.

D'après l'auteur, en ajoutant au carbure du carbonate de potassium, on obtient des conditions plus avantageuses encore que dans les procédés Polzenius et Carlson.

Substance chauffée.	Température en degrés C.	Pression à l'intérieur du tube, en atmosph.	Durée de l'essai en heures.	Teneur en azote trouvée en p. 100.
	800-850		1	1,0
	800-850		2	5,1
	800-850		4	2,0
	900-950		1	1,5
	900-950		2	3,7
	1000-1050	1	1	7,6
	1000-1050		2	10,2
	1100-1150		1	21,0
CaC^2	1100-1150		2	23,4
sans aucune addition.	1200-1250		1	24,0
	800-850		1	1,9
	900-950		1	2,4
	1000-1050	2	1	14,3
	1050-1100		1	23,2
	1100-1200		1	23,9
	800-850		1	1,7
	900-950	3	1	2,8
	1000-1050		1	15,9
CaC^2 + 20 p. 100 K^2CO^3.	800-850	1	1	5,0
» 20 »	800-850	2	1	7,6
» 20 »	800-850	1	4	9,0
» 20 »	800-850	2	4	11,5
» 20 »	900-950	1	1	14,3
» 20 »	1000-1050	1	1	20,0
» 20 »	1100-1150	1	1	20,8
» 15 »	900-950	1	1	16,4
» 15 »	900-950	2	1	19,3
» 10 »	900-950	1	1	16,8
» 5 »	800-950	1	1	15,2
» 5 »	900-950	1	1	21,5
» 5 »	900-950	2	1	22,7
» 4 »	900-950	2	1	23,0
» 4 »	900-950	2	2	23,5
» 4 »	900-950	3	1	22,9
» 4 »	900-950	3	2	23,8
» 4 »	900-950	4	1	23,0
» 3 »	900-950	2	1	21,0
» 2 »	900-950	3	1	20,1
» 1 »	900-950	2	1	18,0
» 1 »	900-950	2	2	22,1

En employant un carbure renfermant 85 pour 100 de CaC^2 et 10 pour 100 de $Ca(OH)^2$, et en chauffant en présence d'azote pur, Gino Pollacci a obtenu les résultats exprimés dans le Tableau précédent.

On voit clairement d'après ce Tableau l'influence favorable de l'addition de carbonate de potassium qui abaisse la température nécessaire à la fixation de l'azote.

La figure 1 représente la variation de la teneur en pour 100 d'azote en fonction de la quantité de substance

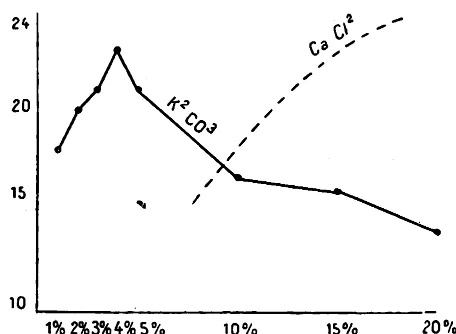
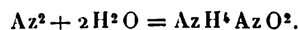


Fig. 1.

ajoutée en pour 100, pour une durée d'essai d'une heure et une température de 900° C. Tandis qu'en faisant usage du chlorure de calcium on doit introduire de grandes quantités de ce corps pour obtenir un bon résultat, la courbe du carbonate de potassium K^2CO^3 passe par un maximum à 4 pour 100. Dans ces conditions, ce corps n'agit pas comme fondant à la façon du chlorure de calcium, mais exerce une action catalytique.

La pression de l'azote exerce aussi une influence. Elle produit non un abaissement de la température de combinaison, mais une accélération de la combinaison qui se termine en un temps court pour une température suffisante. La pression de 2 atmosphères donne les meilleurs résultats; ceux-ci restent les mêmes lorsqu'on augmente la pression à 3 ou 4 atmosphères. L. J.

Action de la décharge silencieuse sur l'azote humide et sur l'oxyde azotique humide, par WALTHER LOB. Communication à la 15e assemblée générale de la Société allemande Bunsen (*Zeitschrift f. Elektrochemie*, t. XIV, 28 août 1908, p. 556). — On sait que, d'après Berthelot, le produit résultant de la décharge silencieuse sur l'azote humide doit être le nitrite d'ammoniaque, d'après l'équation



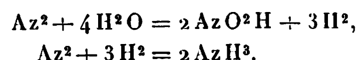
$$Az^2 + 2H^2O = AzH^4AzO^2.$$

Différentes expériences entreprises par l'auteur lui ont donné les résultats suivants :

Numéros des essais.	Durée en heures et minutes.	Azote employé en cm³.	Azote restant en cm³.	Azote absorbé en cm³.	Hydrogène existant en cm³.
1....	3,45	50,2	45,6	3,8	0,8
2....	3	50,2	45,6	3,9	0,7
3....	3	51,1	47,4	3,0	0,7
4....	3,30	50,3	45,7	3,8	0,8
5....	3,15	50,4	45,5	4,0	0,9
Total...	16,30	252,2	229,8	18,5	3,9

Dans la solution résultant de l'absorption de l'azote, on ne constatait pas la présence d'acide nitrique, mais d'ammoniaque et d'acide nitreux, ce dernier étant en excès, rendant ainsi la solution acide.

La présence de cet excès d'acide nitreux rend l'équation de Berthelot invraisemblable. D'après W. Löb, la formation de l'acide nitreux et celle de l'ammoniaque se produisent d'après les deux réactions indépendantes suivantes :

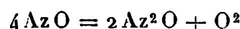


$$Az^2 + 4H^2O = 2AzO^2H + 3H^2,$$
$$Az^2 + 3H^2 = 2AzH^3.$$

Une preuve de l'exactitude de ces équations est donnée par la présence de l'hydrogène dans les gaz restants, l'acide nitreux ayant été produit en excès. D'autre part, si l'on additionne l'azote d'une grande quantité d'hydrogène (3^{vol} de ce gaz pour 1^{vol} d'azote), il ne se produit pas d'acide nitreux en présence de l'eau, quoiqu'il ne s'unisse sous forme d'ammoniaque qu'une quantité relativement faible des deux gaz.

Quoique la formation d'ammoniaque en partant de l'azote et de l'eau soit faible, elle paraît jouer le rôle principal dans la synthèse des substances organiques azotées. D'après Berthelot, la combinaison directe de l'azote et de l'hydrogène sous l'action de la décharge silencieuse est limitée à 3 pour 100 du mélange par la réaction inverse de décomposition de l'ammoniaque.

En ce qui concerne l'action de la décharge silencieuse sur l'oxyde azotique, Berthelot a indiqué la réaction



$$4AzO = 2Az^2O + O^2$$

pour les gaz secs, l'oxygène libre transformant en AzO^2 une partie de l'oxyde azotique initial, et le protoxyde d'azote se décomposant en partie en azote et oxygène.

D'après Buff et Hofmann, la décharge par étincelles agit sur l'oxyde azotique suivant l'équation



$$8AzO = 4AzO^2 + 2Az^2.$$

Les recherches de l'auteur ont donné les résultats exprimés dans le Tableau ci-dessous :

Numéros des essais.	Durée des essais en heures et minutes.	AzO employé en cm³.	Résidu de Az en cm³.	Rapport de AzO employé à Az résiduel.
1.....	1,15	50.2	19,5	2,5
2.....	1,30	47,9	17,8	2,7
3.....	1,30	54,2	19,6	2,7
4.....	0,24	51,2	19,2	2,6
5.....	1,30	49,4	19,0	2,6
6.....	1,15	53,0	21,0	2,5
Total...	7,24	305,9	116,1	2,6

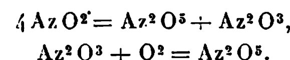
Les gaz de la réaction ne renferment ni AzO, ni Az^2O, ni O^2. Par contre, la solution est fortement acide; elle renferme de l'acide nitrique, de l'acide nitreux et un peu d'ammoniaque.

La décharge silencieuse dans AzO humide ne donne donc aucune des deux réactions ci-dessus indiquées, mais l'équation suivante :



$$5AzO = 2Az^2 + AzO^2,$$

plus un excès de trois O. Cet oxygène ne se rencontre pas dans le gaz résiduel, car il sert à oxyder l'acide nitreux, les deux équations ci-dessous se produisant successivement :



$$4AzO^2 = Az^2O^5 + Az^2O^3,$$
$$Az^2O^3 + O^2 = Az^2O^5.$$

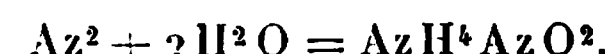
L'absorption de l'azote, un peu plus forte d'après les expériences que d'après l'équation, s'explique par la présence de l'ammoniaque.

La formation du nitrate d'ammoniaque n'est pas due à l'équation



$$2AzO + 2H^2O = AzH^4AzO^3,$$

pas plus que la formation directe du nitrite d'ammoniaque dans les essais effectués sur l'azote n'était due à la réaction



$$Az^2 + 2H^2O = AzH^4AzO^2.$$

La production de l'ammoniaque s'explique ici par les deux réactions successives indiquées précédemment à propos des essais sur l'azote, ces réactions se produisant sur l'azote résultant de la décomposition de AzO dans les conditions qui viennent d'être indiquées.

L. J

OZONE.

Usine de stérilisation d'eau par l'ozone, de Chartres (Eure-et-Loir). — Jusqu'à l'an dernier, la ville de Chartres, dont la population est de 23000 habitants, était alimentée par de l'eau puisée dans l'Eure et distribuée telle quelle. On vient d'adjoindre à l'usine élévatoire des bassins de clarification avec filtres à sable et à coke qui font tomber la moyenne des bactéries de 16000 à 3000 par centimètre cube et une installation d'ozonisation qui détruit le reste des bactéries.

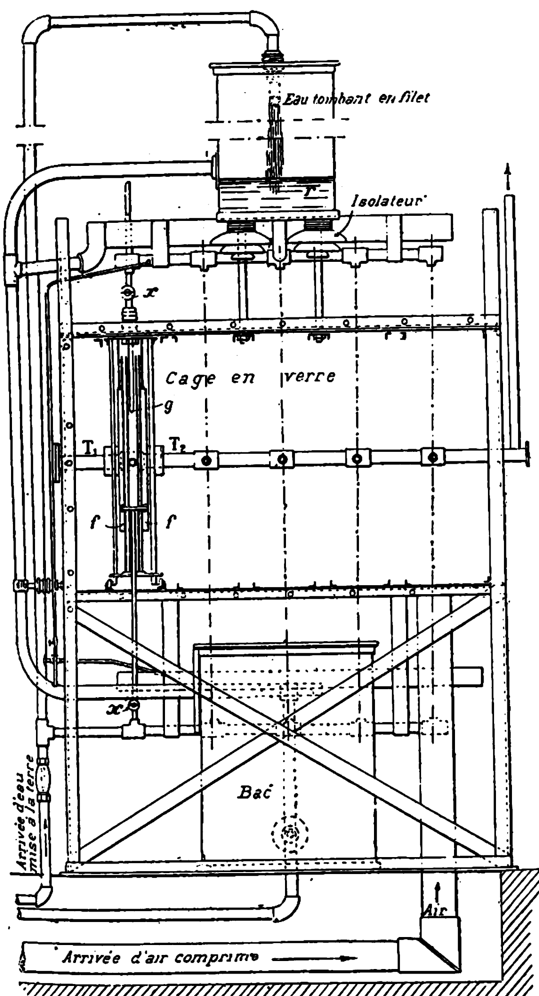
Cette dernière installation a été faite par les soins de la Compagnie générale de l'Ozone qui a déjà effectué des installations semblables, notamment à Nice et à Dinard, et qui en exécute une autre à Armentières.

L'installation de Chartres est double, de telle sorte qu'en cas d'avarie dans un appareil quelconque de l'une des parties on puisse, en mettant immédiatement en marche l'autre partie, assurer la purification complète de 6000$^{m^3}$ d'eau par 24 heures. Chaque partie comprend une batterie d'ozoneurs Otto et une colonne de stérilisation.

L'installation est commandée par un moteur à vapeur, type vertical compound Delaunay-Belleville, à graissage forcé, donnant, à la vitesse angulaire de 400 t : m, et avec une pression de vapeur de 6,5 kg : cm², une puissance de 40 chevaux. Il actionne par courroie, d'une

part, une pompe centrifuge refoulant dans les clarificateurs, à 11^{m} de hauteur, 6000$^{m^3}$ d'eau par 24 heures, et, d'autre part, un alternateur de la Société l'Éclairage électrique fournissant du courant alternatif simple à la fréquence 500 p : s et à la tension de 250 volts. En bout d'arbre de l'alternateur se trouve une excitatrice dont le courant est employé en partie à faire mouvoir des ventilateurs soufflant l'air dans les batteries d'ozoneurs. Le courant produit par l'alternateur est élevé à la tension de 20000 volts par un transformateur, puis envoyé aux ozoneurs.

Chaque batterie est constituée par une cage en verre ayant environ 2^{m} de largeur, 1^{m} de longueur et 2^{m} de hauteur (*fig.* 1 et 2). Elle contient cinq éléments constitués



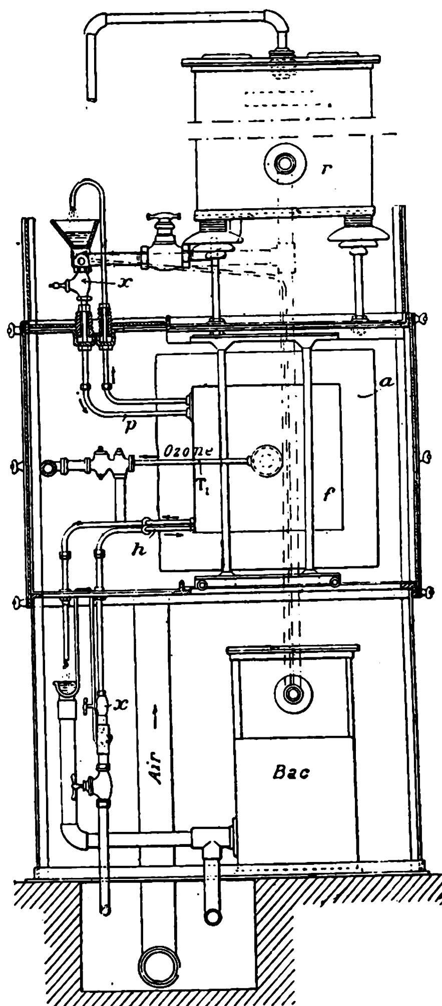


Fig. 1 et 2. — Coupes verticales d'une batterie d'ozoneurs Otto à diélectriques.
a, plaques de verre; *f*, plateaux de fonte creux, reliés à la terre; *g*, plateau de fonte creux relié au pôle à 20000 volts; *h*, arrivée d'eau aux plateaux *f*; *p*, arrivée d'eau au plateau *g*; *r*, réservoir d'eau à 20000 volts; *x*, robinets de réglage de l'eau de refroidissement.

chacun par un plateau central en fonte relié à un pôle du transformateur et par deux plateaux reliés au sol; entre ces trois plateaux sont placées trois plaques de verre, garnies de feuilles d'étain collées à leur surface. Les deux plaques externes sont percées à leur centre d'un trou par lequel est évacué l'air ozoné; les deux plateaux en fonte reliés au sol sont creux, refroidis par une circulation d'eau et munis en leur centre d'un tuyau pour l'évacuation de l'air ozoné. La plaque de fonte centrale est également refroidie par un courant d'eau; cette eau se trouvant portée à 20000 volts, il importe qu'elle soit parfaitement isolée et, pour cela, elle est fournie par un réservoir *r* monté sur des isolateurs à triple cloche placée au-dessus de la batterie d'ozoneurs; chaque élément de deux plaques de verre de la batterie absorbe une puissance d'environ 1 kilowatt.

L'air envoyé dans la cage de verre par le ventilateur électrique circule entre les plaques de verre et est évacué par les tuyaux T_1, T_2. Une tuyauterie en grès conduit l'air ainsi ozoné au bas de la tour de stérilisation. Celle-ci (*fig.* 3) est constituée par une série de galeries

Fig. 3. — Coupe d'une colonne de stérilisation.

superposées remplies de cailloux et dans lesquelles tombe l'eau à stériliser.

Il faut environ 2^g d'ozone pur par mètre cube d'eau pour produire une stérilisation complète. La dépense d'énergie dans les appareils étant de 25 watts-heure par gramme d'ozone, il faut donc 50 watts pour un débit de 1^{m^3} d'eau par heure. Pour stériliser les 6000^{m^3} d'eau journaliers, une puissance d'environ 12 kilowatts doit donc être fournie par l'alternateur. Le facteur de puissance de l'installation étant d'environ 0,5, on a pris un alternateur de 20 kilovolts-ampères.

Ajoutons que de nouveaux dispositifs pour la pulvérisation de l'eau dans la chambre de stérilisation ont permis de diminuer la consommation d'énergie requise pour la stérilisation de 1^{m^3} d'eau à environ 10 watts-heure ; ces dispositifs seront utilisés dans l'installation actuellement en projet pour la purification des eaux destinées à l'alimentation de Paris.

ALUMINIUM.

Emploi de l'aluminium pour la fabrication des monnaies. — Depuis longtemps, il est question de remplacer les pièces de bronze de $0^{fr},10$ et $0^{fr},05$ par des pièces de nickel. Mais l'étude récente de la question a montré que cette opération se traduirait par une perte d'environ $5\,500\,000^{fr}$ pour le Trésor.

Cette même étude a montré que, si l'on employait l'aluminium pour la fabrication de ces nouvelles pièces, l'opération donnerait au contraire lieu à un gain de quelques centaines de mille francs.

Aussi, M. Caillaux, Ministre des Finances, a-t-il déposé récemment un projet de loi remplaçant les pièces actuelles de $0^{fr},10$ et $0^{fr},05$ par des pièces en aluminium. Ces pièces auraient respectivement les mêmes diamètres que les anciennes, soit 30^{mm} et 25^{mm}, car le choix d'un diamètre plus faible aurait l'inconvénient de conduire à donner aux pièces une épaisseur trop grande sous peine d'avoir des pièces trop légères. Les pièces nouvelles seraient d'ailleurs beaucoup plus légères que les pièces de bronze actuelles, puisqu'elles ne pèseraient respectivement que 3^{gr} et 2^{gr}. La frappe devant porter sur une somme de $34\,875\,000^{fr}$ en pièces de $0^{fr},10$ et de $28\,125\,000^{fr}$ en pièces de $0^{fr},05$, le poids total de l'aluminium nécessaire serait de $2\,171\,500^{kg}$.

CUIVRE.

La fabrication des bronzes galvaniques, par G. BUCHNER (*Elektrochemische Zeitschrift*, t. XVI, avril 1909, p. 23). — La préparation des bronzes galvanos, c'est-à-dire d'objets en plâtre recouverts d'une couche mince de cuivre par voie galvanique, est devenue actuellement une industrie très importante. Elle comprend différentes opérations sur lesquelles nous allons donner quelques détails :

I. *Imprégnation.* — Cette opération doit être effectuée avec le plus grand soin ; elle doit être complète, sans quoi le liquide fortement acide du bain de cuivre pénètre dans le plâtre mal imprégné, y demeure et cause par la suite des fissures dans l'objet préparé.

Les objets en plâtre sont séchés à fond, puis trempés dans la cérésine fondue où ils restent jusqu'à ce que cette matière ait pénétré complètement dans l'intérieur. On reconnaît la fin de l'imprégnation lorsqu'il ne se dégage plus aucune bulle d'air du plâtre.

Les vases qui servent à cette opération doivent être suffisamment grands, à cause de la mousse qui se produit. Quand l'opération est terminée, les objets sont sortis du bain et on les laisse se refroidir. Dans le cas de gros objets pour lesquels le prix des matières d'imprégnation joue un rôle important, on remplace la cérésine par un mélange à parties égales de colophane et de cérésine. A la place de cette dernière, on peut aussi employer l'ozokérite purifiée (cérésine brute noire).

II. *Vernissage.* — Les objets imprégnés sont munis de vis en cuivre en des places appropriées, en vue de la suspension dans le bain, puis recouverts au pinceau d'un vernis obtenu en dissolvant 25^g de taffetas de gutta-percha dans 75^g de chloroforme et en ajoutant ensuite 100^g de benzine.

On laisse déposer le vernis pour le clarifier avant de l'employer. Ce vernissage est très avantageux, car il rend la surface bien plus régulière et le graphite y adhère mieux.

III. *Conductibilité des objets.* — On rend la surface conductrice en la recouvrant de graphite. Le graphite pur est délayé dans l'alcool étendu, puis appliqué sur toute la surface de l'objet, et enfin poli par un brossage convenable après séchage. Pour certains objets renfermant des creux difficilement accessibles à la brosse, on fait en outre l'opération suivante, qui dispense de conducteurs particuliers pour les creux : on délaye du cuivre très finement divisé et pur dans un vernis à la gutta-percha semblable à celui employé pour le vernissage et on l'étend à l'aide d'un pinceau dans tous les

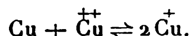
creux difficilement accessibles à la brosse. Le bronze en poudre et le bronze de laiton ne donnent pas de bons résultats; la poudre de cuivre pur est nécessaire. La couche mince de gutta-percha ne diminue pas la conductibilité. Ce procédé est particulièrement avantageux.

IV. *Précautions particulières pour le cuivrage.* — Avant tout, il est nécessaire de bien débarrasser l'objet de toute poussière avant de le porter dans le bain, sans quoi il se forme des aspérités qu'on doit enlever à la lime. Le bain doit être à l'abri des poussières et recouvert pendant la nuit. Les anodes doivent être enveloppées d'un tissu fin pour éviter que les particules qui se détachent (boues anodiques) ne viennent se fixer sur les objets et y créer des aspérités. Toutes celles-ci ne peuvent être cependant complètement évitées; on les enlève à la lime après l'opération. L'agitation du bain permet d'avoir une concentration homogène. Lors du trempage des objets dans le bain, il faut veiller avec soin à ce qu'aucune bulle d'air ne reste dans les creux. Pour cela, on place les objets, avant de les suspendre, dans un bain de cuivre renfermant quelques pour 100 d'alcool et l'on éloigne avec un pinceau les bulles adhérentes. Les objets ainsi humectés sont introduits dans le bain.

V. Les troubles qui peuvent survenir pendant le cuivrage sont les suivants :

Le bain peut être souillé par les impuretés de l'anode. Ces impuretés sont : oxydule de cuivre, sulfure de cuivre, nickel, cobalt, fer, zinc, plomb, bismuth, antimoine, arsenic, sélénium, tellure, or, platine et argent. La plus grande partie de l'oxydule de cuivre, le sulfure de cuivre, le sélénium, le tellure et les métaux nobles restent insolubles et s'assemblent dans les boues anodiques. Les autres métaux entrent en solution et y remplacent des quantités équivalentes de cuivre. Comme ils sont plus électropositifs que le cuivre, ils se concentrent dans le bain si celui-ci est suffisamment acide, et alors survient le danger de leur précipitation à la cathode. Le bismuth, l'arsenic et l'antimoine, dont le potentiel diffère relativement peu de celui du cuivre, se déposent à la cathode au moindre appauvrissement en cuivre des couches liquides voisines de la cathode. Le métal, qui était précédemment souple et de couleur rouge clair, devient cassant et prend une mauvaise couleur.

La double valence du cuivre joue également un rôle. Entre le cuivre métallique, l'ion cupreux à charge simple et l'ion cuprique à double charge, il se produit, à chaque température, un état d'équilibre déterminé par la formule



$$Cu + \overset{++}{Cu} \rightleftharpoons 2\overset{+}{Cu}.$$

Si, par exemple, le bain a une teneur trop élevée en sulfate cuivreux provenant de l'oxydule de cuivre de l'anode, il y a trop d'ions cupreux et l'équation doit se lire de droite à gauche, de la poudre de cuivre se séparant. Il en résulte une perte de courant et de matière, ou bien encore il se produit sur la cathode des végétations de cristaux de cuivre qui altèrent le dépôt.

Dans certaines circonstances, un ion cuprique arrivant à la cathode peut se décharger à la cathode, non en cuivre métallique, mais en un ion cupreux. Le dépôt devient alors cassant.

Pour éviter ces inconvénients, on doit tenir faible la tension du bain.

Une circonstance remarquable est la formation de faibles quantités de sulfate cuivreux à côté du sulfate cuivrique. Les ions cupreux se produisent avec des densités de courant au-dessous de 0,01 ampère par décimètre carré à la température ordinaire, à la cathode, Leur quantité croît proportionnellement à la température et à la concentration des ions cupriques. A l'anode, les ions cupreux sont transformés en ions cupriques. Plus le bain employé est concentré en cuivre, plus il se produit d'ions cupreux ; cependant la quantité totale de ceux-ci n'est pas très élevée au-dessous de 0,05 ampère par décimètre carré. Au contact avec l'air atmosphérique, les ions cupreux s'oxydent en ions cupriques.

Une addition d'alcool diminue la concentration des ions cupriques et par conséquent la possibilité de formation des ions cupreux.

Lorsqu'on emploie des bains de cuivre riches en acide sulfurique et une forte densité de courant, il peut se former de l'acide persulfurique, de l'ozone et de l'eau oxygénée qui apportent des troubles. A la cathode, l'acide persulfurique est réduit en acide sulfurique, de sorte qu'il se sépare moins de cuivre que ne l'indique la théorie. Les additions d'alcool ou d'acide formique empêchent la formation d'acide persulfurique.

Dans certaines circonstances, il se forme de l'hydrure de cuivre Cu^2H^2 ou le métal occlut de l'hydrogène et devient spongieux ou poreux, cassant.

Une faible teneur (0,01 pour 100) de gélatine dans le bain produit un dépôt de cuivre rayé, en forme de bourrelet, et aigre. On remédie à l'inconvénient signalé dans ce cas par une addition d'acide nitreux.

Si le bain donne des cristaux de sulfate de cuivre après l'anode, il se produit des troubles importants.

VI. Les objets cuivrés, lavés à fond, doivent enfin recevoir une coloration métallique convenable pour être vendables. L. J.

Nouveaux progrès dans l'industrie du cuivre électrolytique. John. B.-C. KERSHAW. (*Elektrochemische Zeitschrift*, t. XV, octobre 1908, p. 141). Le raffinage électrolytique du cuivre est non seulement la plus vieille industrie électrométallurgique, mais encore la plus développée.

Actuellement, on raffine annuellement par électrolyse 400000 tonnes de cuivre dont 346000 tonnes (soit 86,5 pour 100) aux États-Unis et au Canada, par le procédé Ulke. Les raffineries anglaises ne produisent que 8,8 pour 100 de la production totale.

Différents pays, producteurs de cuivre, installent actuellement des raffineries électrolytiques. En Australie, The Electrolytic Refining and Smetting C° of Australia Limited, société au capital de 150000 livres sterling, va installer une raffinerie à Sydney.

A Moscou, un groupe de financiers s'est constitué en

société, dans le but de créer une raffinerie qui serait alimentée par les mattes de l'Oural, du Caucase et de la Sibérie.

La production de ces deux pays, en cuivre brut, va en augmentant. Pour la Russie, elle était de 10490 tonnes en 1906 et de 15000 tonnes en 1907. En Australie, on a obtenu 36250 tonnes en 1906 et 41250 tonnes en 1907.

Comme nouveaux procédés électriques, extraction du cuivre de ses minerais, nous citerons le procédé Laszazynski, qui a été précisément décrit ici (¹) et qui est actuellement en exploitation à l'usine russe de Médiansk; l'installation se trouve à Boleslav.

Les minéraux traités par ce procédé sont de trois sortes, ayant respectivement comme teneurs : 45 pour 100, 28 pour 100 et 15 pour 100 de cuivre. Ces minéraux sont traités mécaniquement, pour les séparer de leur gangue, puis mélangés, pulvérisés et passés au tamis à mailles de 1^{mm}. Le minerai ainsi finement divisé est mélangé avec de l'argile et comprimé en forme de briquettes. Celles-ci sont grillées. Le briquetage et le grillage représentent une des particularités les plus importantes du procédé, car ce traitement fait passer le fer à l'état d'oxyde insoluble dans la solution de lixiviation.

Après grillage, le cuivre du minerai se trouve en partie à l'état de sulfate et en partie à l'état d'oxyde. On lessive le minerai grillé à l'aide d'une solution à 5 pour 100 d'acide sulfurique, dans des cuves plombées intérieurement. Le liquide circule méthodiquement, la solution acide fraîche passant sur le minerai déjà épuisé, et la solution saturée en cuivre passant sur le minerai frais.

On obtient finalement une solution renfermant 5 pour 100 de cuivre et 1 pour 100 d'acide libre. Après filtration, on envoie cette solution dans les cuves à électrolyse. Celles-ci sont constituées par des bacs carrés en bois doublé de plomb. Ces bacs ont 1^{m} de côté. Ils renferment 9 anodes et 8 cathodes. Les anodes consistent en plaques de plomb de 3^{mm} d'épaisseur; elles sont recouvertes de sacs en toile. Les cathodes sont des plaques minces en cuivre.

Pendant le passage du courant, l'électrolyte est maintenu constamment en mouvement à l'aide de cadres en bois placés entre chaque anode et chaque cathode et mus mécaniquement.

L'intensité atteint 900 ampères dans chaque élément et la tension aux bornes varie de 2 à 5 volts. Il s'y dépose 25^{kg} de cuivre par 24 heures.

Après un mois de marche, les cathodes atteignent une épaisseur de 20^{mm} à 30^{mm} et un poids de 55 livres anglaises.

L'électrolyte épuisé renferme 1 à 0,5 pour 100 de cuivre et 5 pour 100 d'acide sulfurique. On l'additionne d'acide sulfurique frais et il ressert pour une nouvelle lixiviation.

La présence de carbonate de chaux dans les minéraux entraîne une perte d'acide par suite de la formation de sulfate de chaux qui est éliminé par la filtration. Cette perte est cependant compensée en partie par la présence du soufre dans le minerai ainsi que par la formation de sulfate de cuivre pendant le grillage.

Le cuivre précipité aux cathodes a la couleur et l'aspect du cuivre fin électrolytique et est de structure cristalline.

L'emploi des anodes de plomb enveloppées évite la redissolution du cuivre aux cathodes, qui survient ordinairement lorsqu'on électrolyse une solution renfermant un mélange de sulfate de fer et de sulfate de cuivre. L'enveloppe empêche la transformation en sulfate ferrique $Fe^2(SO^4)^3$ de la petite quantité de sulfate ferreux $FeSO^4$ qui se trouve en solution.

Dans ces conditions, on obtient à la cathode le rendement théorique de $1^{g},15$ de cuivre par ampère-heure. La durée des enveloppes en toile est de plusieurs mois.

Le coût d'une installation produisant 1000^{kg} de cuivre par jour est de 27000 roubles.

En Angleterre, des procédés nouveaux de circulation attirent l'attention, et le dispositif Dolphin (brevet anglais 12442 de 1901) est adopté par différentes raffineries. D'après ce procédé, l'électrolyte en circulation dans l'élément entraîne automatiquement l'air avec lui. Dans ce but, les conduites d'amenée du liquide sont munies d'orifices particuliers d'entrée d'air, qui se trouvent, comme dans les trompes à eau, dans le voisinage de l'embouchure des buses qui servent pour le liquide. L'air entraîné non seulement purifie et aère l'électrolyte, mais encore lui donne un mouvement continuel qui lui assure une composition régulière entre les électrodes. L. J.

ÉLECTROLYSE.

Procédé électrolytique pour la préparation de précipités métalliques par variation de la densité de courant, par Harry SCHMIDT (*Elektrochemische Zeitschrift*, t. XVI, avril 1909, p. 32). — Dans différentes branches de l'industrie, on utilise des fines paillettes métalliques. Le procédé d'obtention de celles-ci, dont il s'agit ici et qui est breveté en Allemagne, consiste à déposer électrolytiquement le métal en faisant varier de temps en temps la densité de courant de façon à produire des couches successives de métal compact et de métal séparé à l'état amorphe ou spongieux.

Par exemple, dans un bain de nickel de composition appropriée, on obtient un beau dépôt blanc avec une densité de courant normale. Si l'on quintuple cette dernière, le dépôt devient noir et amorphe. En ramenant le courant à sa valeur normale, on dépose à nouveau du nickel compact, et ainsi de suite. Du dépôt ainsi obtenu on extrait facilement de fines paillettes de nickel compact.

Le procédé peut être employé avec la plupart des autres métaux en choisissant convenablement l'électrolyte. Pour la préparation d'un précipité de cuivre, un bain de cuivre ammoniacal est très favorable.

On peut également obtenir des couches intermédiaires en ajoutant à l'électrolyte un sel d'un autre métal dont le potentiel de séparation est plus élevé que celui du métal considéré. On prend par exemple un bain renfermant par litre 50^{g} de sulfate de cuivre et 200^{g} de sulfate

(¹) *La Revue électrique*, t. IX, 15 février 1908, p. 106.

de zinc. Avec une faible densité de courant, le cuivre se dépose seul. En élevant fortement cette densité, le zinc se dépose de préférence. Si l'on reprend la densité normale, le cuivre se sépare de nouveau à l'état pur. Mais en même temps le zinc déposé réagit sur le bain de cuivre en se dissolvant et en laissant à sa place du cuivre de cémentation dont la cohésion est extrêmement faible. Il en résulte ainsi un dépôt qui peut être transformé en paillettes.

L'hydrogène occlus peut aussi être utilisé. Avec une densité de courant élevée, l'occlusion de l'hydrogène est plus grande qu'à la densité normale et les propriétés du métal déposé varient en conséquence. Les écailles de nickel peuvent être obtenues d'après ce procédé.

Au lieu de produire des couches intermédiaires de métal de moindre cohésion, on peut aussi créer des dépôts de plus grande dureté, en ajoutant, par exemple, au bain des combinaisons métalliques étrangères. Le dépôt ne se résout pas immédiatement en fines particules; mais on peut obtenir facilement celles-ci par un traitement mécanique (laminage, broyage, etc.) qui laisse intact le métal intermédiaire de plus grande dureté.

En employant des densités de courant anormales, on peut aussi produire sur la cathode des dépôts de combinaisons métalliques. Par exemple, dans des bains de nickel qui ne sont pas trop acides, on sépare facilement des dépôts d'hydroxyde de nickel ou de sels basiques de nickel.

Pour obtenir des couches de cuivre superposées, on peut employer un bain renfermant par litre 100^g de sulfate de cuivre, 50^g d'acide sulfurique et 25^g d'acide arsénieux. Avec une densité normale de courant, le cuivre déposé est de bonne qualité. En élevant beaucoup cette densité de courant, le cuivre se recouvre momentanément d'une couche séparatrice d'arséniure de cuivre sur laquelle le cuivre se dépose à nouveau en ramenant le courant à sa valeur normale.

Dans tous les cas, la couche intermédiaire peut être produite soit dans le bain de dépôt lui-même, soit dans un bain auxiliaire. L. J.

FOUR ÉLECTRIQUE.

Four à transformateur, par H. HELBERGER (*Elektrochemische Zeitschrift*, t. XVI, avril 1909, p. 5). — Pour la fusion des métaux au four électrique, on a utilisé jusqu'ici le chauffage direct et le chauffage par induction. Dans ce dernier cas, on obtient un mauvais rendement et le procédé n'est pas économique. Avec le chauffage direct, le courant arrivant par une anode en charbon et traversant le métal à fondre, il se produit une vaporisation partielle du métal à fondre, ce qui est inadmissible dans le cas de la fusion des métaux précieux.

Dans le four décrit ici, on évite ces inconvénients en faisant passer le courant uniquement par les parois du creuset. La figure 1 montre l'ensemble du four. Il comprend un transformateur à courant alternatif produisant le courant intense nécessaire. Devant lui se trouve le dispositif de fusion. Le courant arrive au creuset par un anneau que l'on peut serrer sur lui à l'aide d'un volant à main actionnant une vis. Le fond sur lequel repose le creuset constitue la deuxième prise de courant. Le creuset est protégé contre les déperditions de chaleur par deux portes demi-circulaires en briques réfractaires. Les deux arrivées de courant sont munies d'une circulation d'eau pour éviter la transmission de chaleur du creuset au transformateur.

Le creuset représenté sur la figure 1 est un creuset

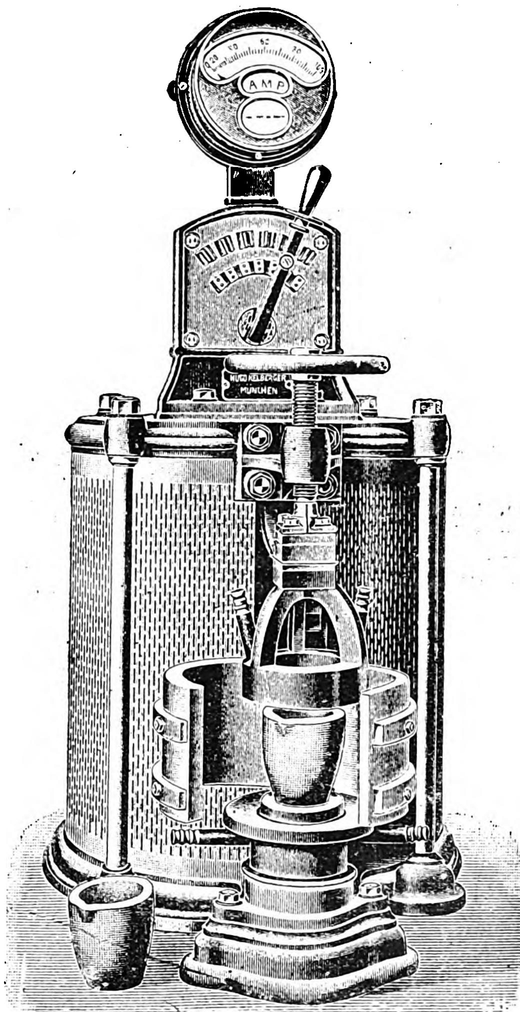


Fig. 1. — Four électrique Helberger.

de graphite ordinaire. Entre celui-ci et les parties métalliques des contacts, il est avantageux d'interposer des contacts conducteurs intermédiaires en charbon dans le but de diminuer les pertes par conductibilité calorifique.

Les parties de plus faible section étant chauffées plus fortement, il est avantageux de donner au creuset une forme telle que celle représentée en coupe en figure 2. Le même résultat peut être obtenu en fabriquant le

creuset à l'aide de divers mélanges de résistivité différente. La figure 3 représente un creuset dans lequel la partie centrale, plus résistante, est constituée à l'aide d'un mélange de 6 parties d'argile et 2 parties de graphite, tandis que, pour les extrémités, on a pris un mélange de 6 parties d'argile pour 4 parties de graphite.

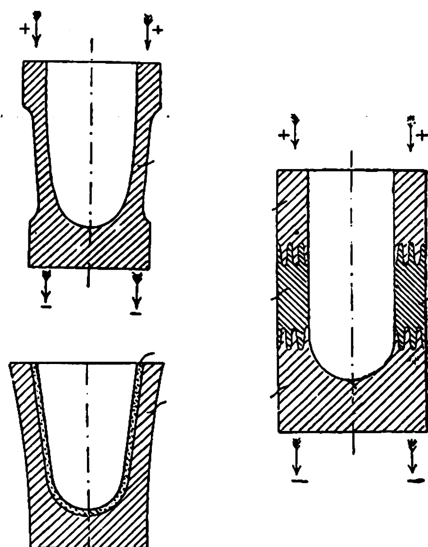


Fig. 2, 3 et 4. — Creusets conducteurs Helberger.

Ces creusets ne peuvent convenir que pour la fusion des matières non conductrices (verre, émail, etc.).

Pour fondre les métaux, il faut isoler la masse métallique des parois conductrices du creuset. On garnit alors l'intérieur du creuset d'une couche non conductrice (briques réfractaires ou silicate) comme il est représenté en figure 4. On obtient le même résultat plus simplement en envoyant sur la paroi du creuset incandescent un jet de chalumeau à oxygène. Le graphite brûle à la surface en laissant un résidu de silice qui forme avec l'argile du creuset une couche non conductrice. En remplaçant l'oxygène par de l'air, on arrive au même but; mais le traitement dure plus longtemps.

La fusion des métaux précieux peut être obtenue sans aucune perte avec ces fours que l'on construit couramment pour des quantités atteignant jusqu'à 10^{kg}. On fond 1^{kg} d'or à 17 carats en 5 minutes avec une puissance de 6 kilowatts, soit une énergie de 0,5 kilowatt-heure. Au prix normal de $0^{fr},125$ le kilowatt-heure, la fusion ne coûte ainsi que $0^{fr},062$. Ces appareils peuvent également être utilisés pour l'émaillage. L. J.

Four à induction avec dispositif de refroidissement du noyau de fer et de l'enroulement, par H. HELBERGER (Brevet allemand **197478** du 30 juin 1907). — Afin de diminuer l'échauffement du noyau de fer par le creuset, on donne à ce noyau un mouvement de rotation comme il est indiqué clairement en figure 1. La partie qui vient d'être échauffée par le creuset passe dans un dispositif de refroidissement approprié et conserve ainsi une perméabilité élevée.

Comme le montre la figure, le four est à double transformation. Le premier transformateur, tout à fait indépendant du four, reçoit le courant, qui peut être à haute tension, dans sa bobine primaire. La bobine secondaire consiste en un ou plusieurs enroulements avec circulation d'eau. Cette circulation a pour but de refroidir et l'enroulement et le noyau de fer qui tourne lentement à l'intérieur.

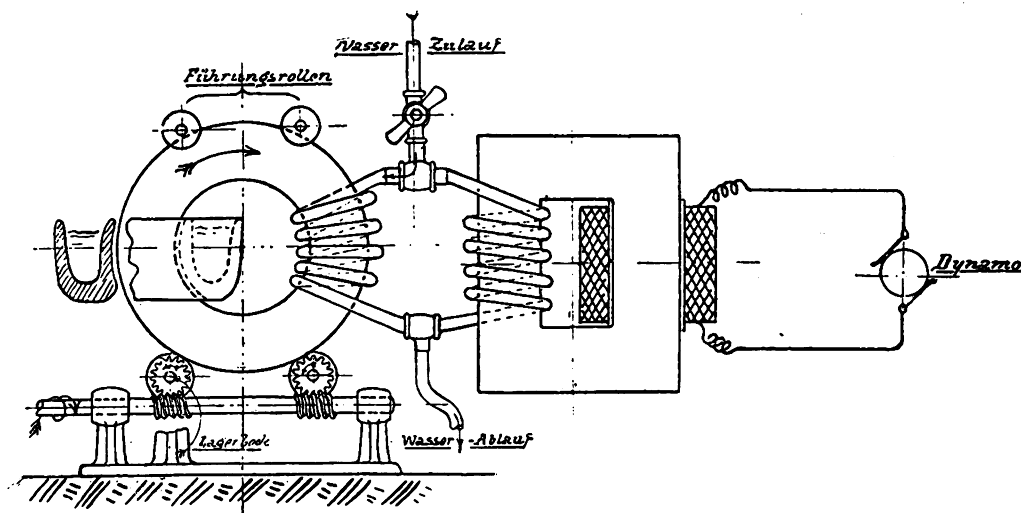


Fig. 1. — Four à induction Helberger.

Grâce à la double transformation, le four à induction peut être construit sans aucune matière isolante. La disposition adoptée évite en outre la détérioration des bobines. L. J.

VARIÉTÉS. — INFORMATIONS.

MATÉRIAUX ÉLECTROTECHNIQUES.

Sur les qualités que doivent posséder le verre et la porcelaine destinés aux usages électriques. — Dans deux précédents articles nous avons examiné les principaux isolants à base de matières organiques (¹) et à base de matières minérales (²); dans celui-ci nous étudierons uniquement le verre et la porcelaine.

I. Usages du verre comme substance isolante. — Le verre est employé comme isolant électrique depuis les premières recherches relatives à l'Électricité, et l'on peut dire depuis la naissance même de cette science. On l'utilise aujourd'hui sous forme de *verre ordinaire,* de *cristal,* d'*opaline* pour la fabrication d'une foule d'objets isolants et ses nombreux usages dans l'industrie électrique tiennent à toutes ses qualités et à son prix de revient peu élevé.

Comme on le sait, le verre résulte, comme nature chimique, de l'union d'un silicate alcalin (soude) et d'un silicate de calcium ou de plomb; le but de cette union de deux silicates à propriétés physiques et chimiques différentes est de donner un produit ayant à la fois une grande transparence, une grande solidité et une insolubilité parfaite vis-à-vis de l'eau, qualités essentielles pour sa durée et sa conservation. Le verre de Bohême diffère du verre ordinaire par la substitution de la potasse à la soude dans le silicate alcalin. Le cristal est principalement composé de silice, de potasse et d'oxyde de plomb. Quant à l'opaline, on la regarde généralement comme le résultat de la dévitrification peu avancée de certains verres de bonne qualité : elle est assez dure et translucide; la différence qu'elle présente avec le verre ordinaire résulte donc plutôt d'une modification physique et interne de sa masse que d'une transformation chimique.

Au point de vue de ses applications comme substance isolante, les principales qualités du verre consistent dans sa grande *résistivité*, sa *transparence,* sa *ténacité,* son *inaltérabilité* presque complète vis-à-vis des acides courants, son *imperméabilité* absolue, sa grande *résistance à l'écrasement* et sa facilité à prendre la forme que l'on désire eu égard aux emplois qui lui sont réservés dans la pratique. Malheureusement, il est assez fragile, en indiquant par là qu'il est très facilement divisible par le choc, et il se recouvre facilement d'humidité; en prenant certaines dispositions, il est cependant facile de remédier à ces défauts.

Parmi les différents usages du verre comme isolant, nous devons tout d'abord signaler ceux qui concernent la fabrication des appareils d'électricité statique (plateaux, isoloirs, bouteilles, tubes). Sous forme de tiges ou de supports, il sert, dans l'industrie électrique, à supprimer tout contact entre les circuits conducteurs et les pièces destinées à les maintenir fixes. Ainsi que nous le verrons plus loin, on s'en sert pour la fabrication des bacs d'accumulateurs et de piles, des récipients de transformateurs à haute tension, des tableaux de distribution. On en fait également des socles d'appareils, des isolateurs proprement dits, des séparateurs de plaques d'accumulateurs, des supports d'électrodes. Sa supériorité vis-à-vis de la porcelaine qui est couramment employée pour les mêmes usages est de posséder, par les temps les plus humides, une résistivité en général très supérieure à celle de la porcelaine. Ces faits ont maintes fois été constatés à la suite d'essais d'isolement sur les lignes télégraphiques ou téléphoniques et sur les lignes de transport d'énergie électrique à tension élevée.

Lorsque la fréquence du courant ne dépasse pas 50 périodes par seconde, les isolateurs en verre peuvent rendre d'excellents services; en outre, ils peuvent, sous forme d'isolateurs à simple cloche, remplacer, pour l'installation des lignes télégraphiques, les isolateurs à double cloche en porcelaine; ceux à double cloche, qui servent aux lignes de transport d'énergie électrique à haute et basse tension, donnent de très bons résultats et ne se brisent que très rarement sous l'action des courants alternatifs à haute tension.

On a cependant parfois constaté des éclatements provenant de la tête des isolateurs en verre; loin de provenir de l'action du courant de ligne, ces éclatements étaient simplement dus à des effets de dilatation provenant de l'action calorifique du soleil. On en a la preuve par ce fait que ces accidents n'ont lieu presque toujours qu'en été; la tête de l'isolateur, se comportant comme une lentille vis-à-vis de l'extrémité de la console qu'elle entoure, échauffe celle-ci qui, par conductibilité, influence le verre formant cloche en le brisant : on sait, en effet, que le verre ne se dilate que très faiblement par l'action de la chaleur.

Pour les très hautes tensions, on a plusieurs fois tenté d'utiliser des isolateurs fabriqués à la fois avec de la porcelaine et avec du verre : la porcelaine, beaucoup plus résistante aux attaques du temps que le verre, forme la cloche extérieure, tandis que le verre, placé intérieurement, a pour but d'empêcher les perforations par le courant. Les résultats auxquels on arrive dans la pratique, par l'emploi de ces isolateurs, sont variables avec le mode de fabrication et la qualité de ces deux substances. En règle générale, l'isolateur en verre présente l'avantage d'être très homogène dans toute sa masse, de n'avoir jamais à laisser prévoir des accidents de couverte, puisque celle-ci n'existe pas, et de pouvoir supporter des tensions très élevées.

Outre leur emploi sous forme de cloches pour la transmission de l'électricité à distance, les isolateurs en verre sont couramment utilisés dans les installations

(¹) *La Revue électrique,* t. IX, 15 mars 1908, p. 184.
(²) *La Revue électrique,* t. XI, 30 juin 1909, p. 464.

intérieures; on en fait des poulies pour câbles électriques et principalement des supports pour accumulateurs. Ces derniers sont généralement constitués par du verre de Saint-Gobain, très résistant à la pression et à l'écrasement et considéré comme un parfait isolant; ils affectent différentes formes. Ainsi, on emploie souvent des isolateurs formés de deux parties dont l'une, inférieure et à rebords, possède la forme d'un godet et contient une certaine quantité d'huile lourde et dont l'autre, de plus grand diamètre dans sa face en contact avec l'accumulateur, est destinée à soutenir celui-ci : elle plonge dans l'huile jusqu'à un certain niveau. Cette couche d'huile a pour but d'augmenter encore l'isolement de l'appareil. On fabrique également des isolateurs en verre se composant d'une pièce inférieure portant en son centre une sorte de mamelon circulaire destiné à supporter la partie supérieure de l'isolateur; celle-ci possède une forme spéciale et la couche d'huile lourde se trouve étalée jusqu'au voisinage de la périphérie de la partie inférieure de l'isolateur.

Sans insister davantage sur les multiples emplois dont on peut tirer profit dans l'industrie électrique de tous ces appareils, nous allons maintenant passer en revue les propriétés des différents verres employés couramment comme isolants en donnant les résultats des principaux essais effectués sur eux dans ce but.

II. Essais des verres isolants. — Si l'on étudie tout d'abord l'influence du voltage sur différents *isolateurs* uniquement constitués par du verre, on constate, ainsi que nous l'avons mentionné précédemment, une grande

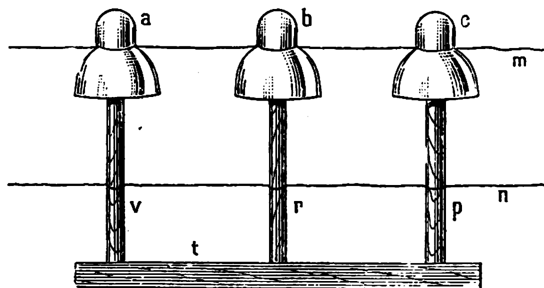


Fig. 1.

résistance de ceux-ci contre les éclatements et les casses provenant de voltages exagérés. Pour se rendre compte de ce fait, on monte plusieurs isolateurs en quantité et l'on établit une différence de potentiel alternative entre les consoles des isolateurs et un conducteur en cuivre fixé au col de chaque isolateur par plusieurs tours de fil de cuivre fin (*fig.* 1). On obtient alors les résultats suivants : entre 5000 et 7000 volts, un isolateur à double cloche de $9^{cm},5$ de hauteur, 8^{cm} de diamètre de base et $3^{cm},8$ de col ne donne aucune trace de lueurs violettes; de 7000 à 10000 volts, il y a apparition de ces dernières au col; de 10000 à 13000 volts, les lueurs se montrent nettement; enfin de 13000 à 14000 volts, maintenus à trois reprises pendant 8 minutes environ, le phénomène ne change pas et aucune casse ne se produit.

La résistance d'isolement de ces isolateurs varie avec l'humidité de l'atmosphère, c'est-à-dire qu'elle subit l'influence du temps. Si l'on mesure, en effet, sous des différences de potentiel comprises entre 130 et 250 volts environ, la résistance d'isolement d'isolateurs en verre, double cloche, de 8^{cm} de diamètre et de $9^{cm},5$ de hauteur, on obtient approximativement les résultats consignés dans le Tableau suivant, le dispositif employé étant le même que celui de l'essai précédent.

Conditions atmosphériques.	Résistance moyenne.
Beau temps, sec	17 100 000 mégohms
Couvert, avec neige le matin (4°)	4 140 000 »
A l'intérieur, salle non chauffée (13°)	785 000 »
Temps couvert après pluie prolongée	71 000 »
Beau temps (13°)	48 888 »
Temps couvert, température douce	36 400 »
Pluie (13°)	19 050 »
Chute de neige	4 180 »
Pluie d'orage (16°)	2 120 »

Ces résultats sont remarquables; en effet, bien que le rapport de la plus petite résistance d'isolement, soit 2120 mégohms par une pluie d'orage, à la plus grande, soit 17 100 000 mégohms par un temps sec, corresponde à 1 : 8500, cette résistance est toujours suffisante pour éviter des accidents. Cela explique pourquoi ces isolateurs sont si employés actuellement, particulièrement en Amérique; détail curieux : on les colore souvent en vert dans leur masse, afin de les soustraire à la vue des malfaiteurs, par leur teinte commune avec le feuillage des arbres.

On a souvent objecté, à l'emploi du verre dans la fabrication des tableaux de distribution, la difficulté qu'il y a parfois à percer des trous dans cette matière, pour le passage des câbles joignant les appareils de commande à la ligne; mais aujourd'hui ces perçages s'opèrent avec facilité dans les ateliers et les tableaux ainsi préparés constituent des cloisons protectrices dont les qualités surpassent de beaucoup celles des tableaux en bois ou en marbre dont nous avons déjà parlé. L'opaline peut servir au même usage, mais comme elle est d'un prix de revient plus élevé que le verre ordinaire, on la réserve pour les cas spéciaux, c'est-à-dire ceux principalement où la question de dépense est accessoire, tels que laboratoires d'essai, laboratoires de recherches scientifiques, etc, La Compagnie du Nord l'a cependant utilisée pour la fabrication des petits tableaux de distribution à compartiments multiples dont elle fait usage dans ses stations électriques.

D'après M. Boistel (1), l'étude complète d'une substance isolante, telle que le verre, pouvant être utilisée sous forme de *plaques* (tableaux, supports circulaires), doit comprendre quatre opérations différentes correspondant aux déterminations suivantes : 1° résistivité propre de la substance; 2° isolement superficiel de la surface; 3° rigidité électrostatique ou résistance de la substance, en plaques minces, au percement par très hautes tensions; 4° formation possible et effets d'arcs s'établissant, sous hautes tensions, à leur surface.

(1) E. Boistel, *Les applications du verre en électricité* (*L'Industrie électrique*, 25 mars 1903).

1° *Résistivité.* — La résistance du verre a fait l'objet de nombreuses recherches. Citons, en particulier, celles de Becquerel (1853), de Butz (1874), de Sir W. Thomson (1875) (¹), de Th. Gray (1880), de Foussereau, etc. D'après ce dernier savant, la résistance du verre croît assez rapidement quand la température s'abaisse; elle passe du simple au double pour une variation de température de 6° à 9°, mais cette variation est généralement plus lente aux températures élevées qu'aux basses températures; ainsi :

		Ohms-centimètre.
A 60° la résistivité du verre ordinaire est de		$0,784 \times 10^{12}$
A 50°	»	2,39
A 45°	»	4,44
A 30°	»	27,4
A 10°	»	284,0
A 0°	»	990,0

Le verre de Bohême est, en général, de 5 à 20 fois plus conducteur que le verre ordinaire; au contraire, le cristal est, comme la plupart des verres à base de plomb, de 1200 à 1500 fois plus isolant que ce dernier. Quelle que soit la composition du verre étudié, on constate qu'une variation de composition entraîne une augmentation de la résistance si l'on passe d'un verre à un autre de la même classe et de densité plus élevée; toutefois cette règle n'est que générale, elle ne peut pas être donnée comme absolue.

Le recuit augmente dans un rapport considérable la résistance électrique des différents verres; ainsi, un échantillon de verre trempé, à base de chaux, que l'on recuit pendant 6 heures à 500°, voit sa résistance primitive multipliée par 2,3 par suite du recuit; pour le cristal trempé, elle devient environ 11 fois plus grande. Il est à remarquer, en outre, qu'un recuit modéré capable de faire disparaître partiellement l'élasticité due à la trempe ne détruit qu'en partie son action sur la résistance électrique. La résistance d'un verre récemment recuit continue à augmenter lentement pendant un certain temps et semble se rapprocher peu à peu d'un état d'équilibre définitif. Enfin la résistance d'un verre, trempé ou non, qui n'a pas été chauffé depuis longtemps, semble demeurer invariable. Des séries d'essais effectués à plusieurs mois de distance ont confirmé cette manière de voir.

En somme, les meilleurs verres, au point de vue isolant, à employer dans la pratique, semblent être ceux à base de plomb; il convient toutefois de les recuire si l'on veut que leurs qualités isolantes soient portées à leur maximum.

2° *Isolement superficiel.* — Le but de la détermination de la résistance d'isolement superficiel est de se rendre compte de l'influence exercée par l'humidité sur le pouvoir isolant du verre. Les tableaux de distribution étant généralement placés dans des salles où les condensations de vapeur peuvent aisément se produire, il importe, en effet, de voir jusqu'à quel point cette condensation peut s'effectuer sans danger.

Pour éprouver le verre à ce point de vue, on prend plusieurs plaques de cette substance, de manière à multiplier les mesures, et on les choisit de préférence avec les dimensions suivantes : sous une forme rectangulaire, elles ont 20^{cm} environ de largeur, 33^{cm} de longueur et 24^{mm} environ d'épaisseur; les unes peuvent être polies sur leurs faces principales, les autres présentent une surface rugueuse afin de donner des résultats en rapport avec leur aspect physique nettement défini de cette manière. Pour l'essai proprement dit, on fixe, par des vis métalliques (*fig.* 2), quatre bornes métal-

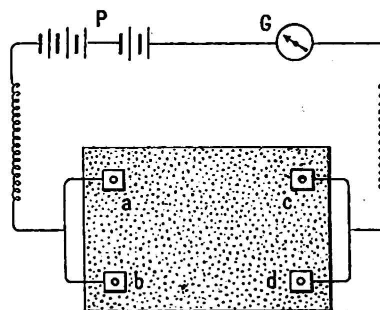


Fig. 2.

liques à la plaque à étudier et s'appuyant sur une des faces de celle-ci par des embases carrées de 20^{mm} de côté environ; la plaque est suspendue verticalement par des fils soigneusement isolés, les bornes *a* et *b* constituant un pôle et les bornes *c* et *d* l'autre pôle; la distance qui sépare deux bornes de polarité différente est ainsi, au minimum, de 250^{mm} environ. Le circuit se complète par un galvanomètre G et une source d'énergie électrique P pouvant fournir de 45 à 450 volts.

La première mesure concerne évidemment la recherche de la résistance entre *ab* et *cd*, *à sec*, c'est-à-dire avant que la plaque ait eu à subir l'influence de la plus petite trace d'humidité; dans des essais effectués au Laboratoire central d'Électricité, on a ainsi trouvé une résistance de 1 500 000 mégohms pour de l'opaline polie sur les deux faces, 740 000 mégohms pour la même substance polie sur une face et doucie sur l'autre, et 1 000 000 de

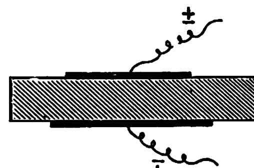


Fig. 3.

mégohms pour la pierre de verre à surfaces plus ou moins régulières et doucies par endroits. La seconde mesure, celle qui doit intéresser principalement les électriciens, se rapporte à la plaque une fois que la condensation de la vapeur provenant d'un jet prolongé a pu amener la formation de gouttelettes liquides; c'est à ce moment que la résistance est la plus faible, ainsi que le montrent les indications du galvanomètre.

(¹) S.-W. Thomson, *Proceedings of the Royal Society*, t. XXIII, 1875, p. 463.

Le Tableau suivant nous donne le résultat d'un essai se rapportant à trois échantillons de verre; les résistances d'isolement de surface y sont exprimées en mégohms :

Temps en minutes.	Opaline polie sur les deux faces.	Opaline polie sur une face, doucie sur l'autre.	Pierre de verre à surfaces irrégulières doucies en partie.
1.....	4	4,6	»
2.....	7,8	50	0,11
3.....	12	140	0,16
4.....	62	435	0,60
5.....	92	780	1,85
10.....	185000	3350	21
12.....	741000	»	»
15.....	»	12300	40
20.....	»	106000	125
25.....	»	185000	265
30.....	»	148000	740

Ces valeurs ont été prises à partir du moment où la formation des gouttelettes de condensation était visible; au fur et à mesure qu'elles disparaissaient et que la plaque se séchait à l'air libre, les résistances augmentaient graduellement. Il est à remarquer que la disparition de l'humidité est beaucoup plus rapide pour les surfaces polies que pour les surfaces rugueuses ; cela est à prévoir étant donné que l'adhérence des gouttelettes d'eau est toujours plus grande dans le second cas que dans le premier. En somme, c'est l'opaline polie sur les deux faces qui, parmi les trois échantillons mentionnés, paraît donner les meilleurs résultats : abandonnée à elle-même dans un état maximum d'hygrométricité, elle reprend au bout de 12 minutes seulement une résistivité d'isolement de surface de 741000 mégohms, à une température comprise entre 22° et 28° C.

3° *Résistance au percement sous tensions élevées.* — Cette propriété, qui se définit d'elle-même, se mesure facilement en plaçant la plaque à essayer entre deux électrodes circulaires en feuilles d'étain faisant bon contact avec elle (*fig.* 3); une pression de 6^{kg} à 7^{kg} est nécessaire pour cela. Comme épaisseur, on peut choisir entre 40^{mm} et 45^{mm}. On dispose la plaque horizontalement et l'on établit le contact entre les feuilles d'étain et la source d'énergie électrique à haute tension. Les résultats sont évidemment variables suivant la nature du verre choisi et, pour les obtenir avec le maximum d'exactitude, il faut élever la tension progressivement et bien se rendre compte, avant de passer à une tension très élevée, que celle immédiatement utilisée au-dessous n'a rien produit comme effets : lueurs, piqûres, éclatements, etc. On constate alors, pour l'opaline en particulier, qu'il faut une tension de 45000 volts efficaces alternatifs pour produire la rupture de cette substance ; elle se manifeste sous forme d'une piqûre à travers la masse vitreuse.

Dans ce genre d'essai, il faut avoir soin de choisir des plaques ayant une assez grande surface, de manière que la distance des feuilles d'étain aux bords de celles-ci soit suffisante; sans cela, il se produirait des arcs entre les parties métalliques du circuit, l'étincelle tendant à éclater chaque fois que le parcours lui offre un minimum de résistance électrique.

4° *Formation d'arcs superficiels.* — Cet essai consiste à appliquer aux bornes des plaques de la figure 2 une tension alternative progressivement croissante; suivant leur résistance à la formation des arcs, on peut les disposer sur leurs petits ou sur leurs grands côtés, ainsi que l'indiquent les figures 4 et 5; pour se former, l'arc a ainsi à parcourir des distances variables, les distances *bd, b'd'*, dans le premier cas; les distances *ab, a'b'*, plus petits, dans le second cas. Plusieurs plaques peuvent être placées en dérivation sur le même circuit, les bornes conductrices étant mises en communication avec les pôles d'un transformateur à haute tension. La distance qui sépare les plaques est de 8^{cm} à 10^{cm} environ.

D'après M. Boistel, l'amorçage de l'arc est sensiblement constant, pour une même tension, quelle que soit la nature de l'isolant étudié, toutes conditions d'expériences égales, bien entendu; les différents résultats auxquels on aboutit, suivant les plaques, pour une même tension, sembleraient dus plutôt à des causes fortuites ou à de légères différences entre l'écartement des bornes qu'à la nature de la plaque.

L'opaline et la pierre de verre résistent parfaitement à des tensions de 57000 volts s'exerçant, comme l'indique la disposition de la figure 4; à des distances de 225^{mm},

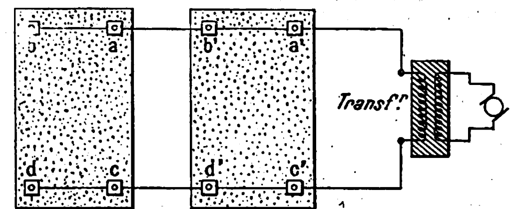


Fig. 4.

aucune étincelle ne se manifeste. Mais en adoptant le dispositif de la figure 5, c'est-à-dire en réduisant l'écartement des bornes et des fils à une valeur moitié plus faible que la précédente, un craquement se produit

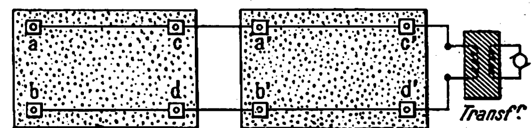


Fig. 5.

moins d'une minute après l'amorçage de l'arc (40000 volts environ) et la plaque d'opaline se fend : quelques-uns des fragments provenant de la rupture présentent des apparences de fusion. Avec la pierre de verre, l'arc s'amorce de la même façon, mais au bout de 3 minutes la substance semble devenir conductrice; une ligne incandescente se dessine entre les bornes et plusieurs fissures se produisent, divisant la masse en blocs adhérant assez fortement entre eux. Ces faits peuvent donner une idée de la chaleur dégagée dans ce phénomène.

III. VARIÉTÉS DE VERRES EMPLOYÉES COMME ISOLANTS. — On emploie aussi le verre, depuis quelque temps,

sous forme de *laine de verre*, pour isoler les électrodes d'accumulateurs. Les plaques, enveloppées de cette matière, peuvent ainsi être beaucoup moins espacées que dans les procédés habituels et les vides qui les séparent sont ainsi comblés. Il en résulte un isolement irréprochable et un montage très élastique des plaques les unes par rapport aux autres. On évite ainsi le gondolement de celles-ci et les courts-circuits qui en résultent. Un avantage spécial à l'actif des éléments ainsi montés avec la laine de verre est qu'ils ne présentent presque aucune perte de charge à l'état de repos. Par suite de la moindre distance qui sépare les électrodes, ils ont un poids beaucoup moindre et occupent un espace sensiblement plus restreint que les accumulateurs ordinaires, sans parler de leur solidité plus grande vis-à-vis des effets mécaniques.

Ce qui précède suffit à nous convaincre maintenant des nombreuses qualités que possède le verre comme substance isolante employée industriellement. Sa grande fragilité est, ainsi que nous l'avons déjà dit, son plus grave défaut. Au fur et à mesure que se perfectionnera sa fabrication, on obtiendra des produits s'approchant de plus en plus de l'idéal: les substances artificielles auront, à ce point de vue, toujours gain de cause contre les produits naturels plus ou moins purs dont on a dû se contenter pendant longtemps.

On emploie, pour l'isolement des fils destinés aux appareils de chauffage électrique, une sorte de *verre-émail*, dont la composition est assez délicate et qui recouvre les fils conducteurs, de manière à éviter le plus possible les courts-circuits. Ce verre doit avoir une élasticité aussi grande que possible afin que les dilatations et contractions répétées ne puissent déterminer des ruptures ou des craquelures suffisantes pour que le fil de la résistance soit mis à nu. Son point de fusion doit être très élevé pour ne pas fondre sous l'action d'un courant d'intensité anormale amenant la résistance à la température du rouge. Son pouvoir isolant doit être maximum pour que l'appareil puisse supporter des tensions élevées. Il est de même indispensable qu'il ne renferme dans sa masse aucune bulle d'air qui, en se dilatant, pourrait faire craquer l'isolant.

La Société du Familistère de Guise fabrique un produit qui répond à ces exigences : sa résistance électrique est voisine de celle du verre; comme celle-ci, elle diminue avec l'augmentation de température, mais elle est toujours plus que suffisante pour assurer l'isolement du fil avec des tensions allant jusqu'à 300 volts environ. Son point de fusion est compris entre 800° et 900°. Sa composition est telle que son élasticité est voisine de celle de la fonte; il se prête très bien aux mises en marche et arrêts répétés.

Les appareils Godin sont basés sur les mêmes principes : le fil est noyé dans l'isolant appliqué sur la plaque métallique destinée à recevoir les pièces à chauffer. Un appareil de ce genre peut fonctionner 14 mois sans qu'aucune fente ni craquelure se produisent et supporter pendant ce temps plus de 20000 chauffes.

Cela nous entraîne à parler du *quartz*. Ce minéral, en effet, possède une ténacité très élevée et une grande solidité. Il est cependant évident que, comme isolant, il ne rendrait que peu de services s'il fallait entailler dans des blocs massifs de ce minéral les pièces à utiliser; il n'y a guère que les plaques de quartz que l'on pourrait obtenir de cette façon; la plupart des objets servant de substance isolante demandent à être moulées; ce n'est qu'au moyen de la fusion du quartz que l'on peut arriver à ce but. Il est aujourd'hui démontré que cette fusion peut s'opérer avec la plus grande facilité au four électrique : le quartz fondu se présente sous la forme d'un verre translucide, à éclat chatoyant et de nature colloïdale. Sa résistivité est très grande; on peut en fabriquer des plaques, des cylindres, des tubes isolants. Certains de ces tubes, fermés à une extrémité, conviennent pour l'isolement des fils des pyromètres électriques employés dans les laboratoires et l'industrie.

Malheureusement, le prix de revient du quartz fondu est encore assez élevé : un tube de 3^{mm} de diamètre interne et de 1^{m} de longueur se vend environ 5^{fr}. Il reste à souhaiter que des procédés de préparation et de façonnage de cette nouvelle substance permettent de l'obtenir à un prix de revient tel que les industriels puissent rapidement en apprécier les précieuses qualités.

IV. Usages de la porcelaine comme substance isolante. — La porcelaine, bien que ne possédant pas toutes les qualités du verre, sert, dans l'industrie électrique, pour la fabrication d'une foule de petits objets, tels que socles d'interrupteurs, douilles de lampes à incandescence, supports de toutes sortes; mais on l'emploie principalement pour la fabrication des *isolateurs* de lignes aériennes et souterraines, dont les formes sont très variées.

La porcelaine est, ainsi qu'on le sait, un composé artificiel formé de kaolin (argile pure), de sable et de feldspath. Sa résistance électrique est très grande, mais elle subit, comme le verre, l'influence de la température; d'après M. Foussereau, cette dernière se manifesterait de la façon suivante :

		Ohms-centimètre.
A 210°	sa résistance serait de	$0,00651 \times 10^{12}$
A 170°	»	0,115
A 150°	»	0,416
A 130°	»	1,61
A 90°	»	38,5
A 60°	»	751
A 50°	»	2150

Les résistances de la porcelaine à diverses températures sont donc du même ordre que celles de certains verres très résistants à base de plomb.

Les isolateurs pour accumulateurs peuvent être constitués par de la porcelaine; ces isolateurs sont au nombre de quatre par accumulateur, et chaque appareil doit non seulement être séparé du suivant par un certain espace d'air, mais autant que possible être placé sur le même plan pour que la circulation des gaz s'y effectue convenablement. Les isolateurs en porcelaine sont également employés dans les canalisations souterraines en cuivre nu, telles que celles utilisées par un grand nombre de secteurs et d'usines génératrices. Les fils de faible diamètre des canalisations intérieures qui supportent des tensions ne dépassant généralement pas 220 volts, ne nécessitent pas des appareils isolants de si grandes

dimensions; les isolateurs sont alors constitués par de simples *poulies* percées d'une ouverture cylindrique dans laquelle on place une vis destinée à faire tenir la poulie contre un taquet de bois scellé au mur. Ces précautions ont pour but d'éviter tous accidents provenant d'une déviation possible du courant et principalement des courts-circuits dus à une conductibilité accidentelle des parois supportant les fils.

V. Essai des porcelaines isolantes. — La porcelaine destinée aux usages électriques doit posséder un grand nombre de propriétés généralement peu recherchées dans la fabrication des porcelaines ordinaires, et c'est non seulement sa composition chimique qui doit être étudiée avec soin, mais aussi ses différentes qualités physiques.

1° *Résistance mécanique.* — Parmi ces dernières, il nous faut tout d'abord signaler la résistance mécanique de la porcelaine. Celle-ci doit pouvoir, sans se briser, résister à des chocs violents et supporter l'effort de traction, parfois énorme, exercé sur elle par les conducteurs qu'elle soutient : l'effort auquel doit résister un isolateur en porcelaine doit être au moins dix fois égal à la pression exercée par l'air sur le câble qu'il supporte par un vent d'environ 50^m à la seconde. Un bon isolateur ne doit posséder aucune fêlure ni aucun craquement superficiel dans lesquels la poussière pourrait s'introduire et diminuer la résistivité de la substance; bien que l'émail n'ait par lui-même, d'après un grand nombre d'industriels, que peu de valeur comme isolant lorsque la cuisson de la porcelaine a été mal conduite, il présente toujours l'avantage d'empêcher les poussières d'adhérer à la surface des isolateurs. La cassure de la porcelaine doit être semblable à celle du verre, c'est-à-dire que sa masse doit être aussi vitrifiée que possible; une bonne porcelaine électrique ne doit pas être absorbante sous peine de perdre une grande partie de ses propriétés isolantes.

2° *Composition chimique.* — Quant à sa composition chimique, elle fait l'objet, pendant la fabrication, des soins les plus minutieux, cette propriété étant l'une des plus indispensables à contrôler pour la sécurité des lignes à haute tension. On sait, en effet, que depuis quelques années, les tensions employées dans les transports de force ne se limitent pas à des centaines de volts; les installations à 15000, 30000 et 50000 volts sont aujourd'hui très répandues en Amérique et l'on étudie même le possibilité d'élever à 100000 volts la tension des nouvelles entreprises pour éviter des dépenses inutiles de câbles. Les efforts faits de tous côtés pour obtenir des résultats satisfaisants dans la fabrication des isolateurs à haute tension ont donc leur raison d'être, la valeur d'un isolateur étant principalement dans sa rigidité électrique, dépendant elle-même de plusieurs données pratiques. Depuis le moment où les pâtes d'argile sont placées dans les fours jusqu'au moment où l'isolateur quitte l'usine, un homme veille à chacun des détails de l'opération.

Une fois le mélange des terres effectué, suivant des proportions déterminées d'avance, celles-ci sont finement pulvérisées, puis additionnées d'eau. Un malaxeur-broyeur transforme ce mélange en une pâte très liquide d'une finesse extrême qu'on filtre à travers des disques en canevas à travers lesquels l'eau s'écoule et sur lesquels l'argile reste. Un passage à la presse achève de donner à celle-ci l'homogénéité désirée, et c'est sous forme d'un cylindre très allongé de 10^{cm} environ de diamètre que l'ouvrier potier la reçoit.

Pendant le séchage et la cuisson, il faut tenir compte du retrait à subir par la porcelaine au sortir des moules; ceux-ci sont généralement en plâtre huilé sur la surface et en une ou deux pièces suivant la forme et les dimensions des isolateurs. C'est pour cela que le réglage précis de la dimension des moules présente de l'importance, de même que la surveillance constante de la température pendant la cuisson. Généralement, on compte sur une contraction finale variant entre 3 et 12 pour 100 et atteignant exceptionnellement 20 pour 100 selon la composition des pièces et la température du four. C'est ainsi que, pour une pièce déterminée, la contraction sera de :

0,5 pour 100	pour une température de	950° C.
3	»	1030
7	»	1150
10,5	»	1310

L'enduit vitrifiable qui recouvre le biscuit ainsi obtenu se compose de quartz, de feldspath, d'un silicate de plomb réduit en poudre et quelquefois additionné de chaux avec un peu d'eau pour rendre l'ensemble consistant. Lorsque les isolateurs sont percés de trous, il faut avoir soin de ne pas les obstruer en les immergeant dans cet enduit et que d'autre part la matière vernissante y pénètre et y séjourne.

La résistivité propre des isolateurs est toujours plus élevée lorsque la proportion de silice y est plus grande que celle d'alumine. La chaux augmente la solidité de la porcelaine, mais diminue sa résistivité; il suffit de 20 pour 100 de chaux pour donner à la porcelaine des qualités suffisantes de résistance mécanique. Au point de vue électrique, la composition chimique d'une porcelaine idéale correspondrait, d'après M. S. Watts, à 0,5 ou 0,8 de potasse, 0,5 ou 0,2 de chaux, 0,8 ou 1 d'alumine et 4,2 ou 6 de silice. La résistance à la traction correspond à 6,2 de silice pour 1 partie d'alumine.

3° *Résistivité propre.* — La résistivité peut se mesurer soit en prenant note, pour différentes tensions, du courant de perte à travers l'isolateur avec les extrémités d'un circuit à haute tension et en faisant monter celle-ci jusqu'à ce qu'il se forme un court-circuit, celui-ci indiquant l'augmentation de la conductibilité par suite d'une fissure au travers de l'isolateur.

Pour cela, les isolateurs, scellés au soufre sur leurs ferrures, communiquent, par l'intermédiaire d'un fil de cuivre en contact avec celles-ci, avec une des bornes de la ligne à haute tension; l'autre borne communique avec un fil de même métal aboutissant à la gorge de l'isolateur; le contact avec ce dernier peut être assuré d'une façon plus parfaite à l'aide de papier d'étain enroulé dans la gorge et serré par le fil. En faisant ainsi varier la différence de potentiel entre 6000 et 38500 volts environ, chiffres qui s'appliquent à l'essai représenté par la courbe ci-après (*fig.* 6), on obtient, au travers de l'isolateur, des diminutions de résistance accusées par des

intensités de courant allant de 0,00005 à 0,0004 ampère. Cette courbe concerne un isolateur cloche *Mehun*, type récent à haute tension établi par la maison Pillivuyt et Cie et qui donne de très bons résultats.

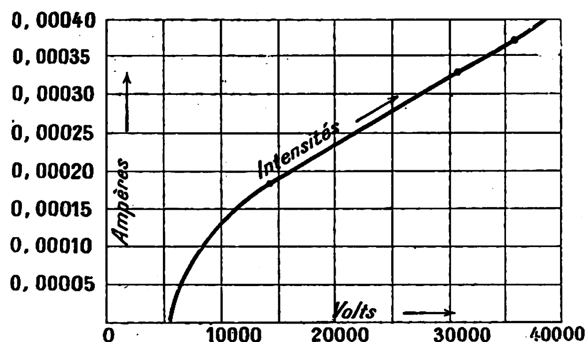


Fig. 6.

4° *Rigidité électrostatique.* — Pour mesurer la rigidité électrostatique d'un isolateur en porcelaine, on se sert d'un réservoir rectangulaire A doublé intérieurement de zinc et porté par des isolateurs *i* reposant eux-mêmes sur un cadre de bois *p* séparé du sol par des plaques épaisses de porcelaine *m*. L'un des pôles *a* de la source à haute tension communique avec le zinc du réservoir, tandis que l'autre *b* est terminé par un conducteur en cuivre B soutenu par plusieurs isolateurs fixés au plafond de la salle d'expériences. Des chaînes conductrices *f* mises en communication électrique avec ce conducteur (*fig.* 7) descendent verticalement dans

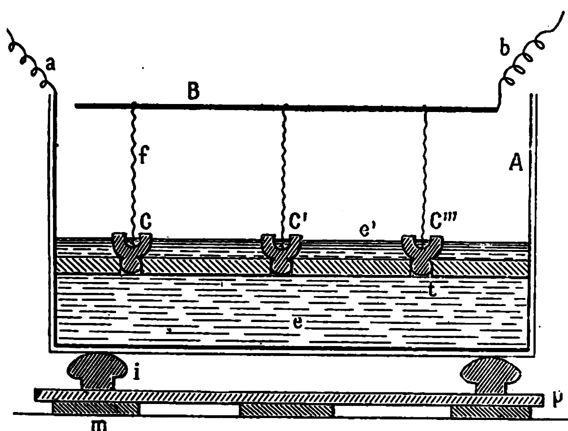


Fig. 7.

le réservoir. Leur extrémité plonge dans la cavité intérieure C des isolateurs et ceux-ci sont soutenus à leur partie inférieure par des traverses en bois percées de trous *t* dans lesquels viennent entrer les têtes des isolateurs. On verse une certaine quantité *e* d'eau acidulée conductrice dans la cuve de zinc, et sa hauteur *e'* doit être telle que le niveau du liquide soit à 1cm ou 2cm du bord de l'isolateur. L'eau est au même niveau dans la cuve et dans la cavité de l'isolateur, de sorte que les contacts sont parfaits et que le courant ne peut passer d'un pôle à l'autre qu'au travers de l'isolateur. Comme on a toujours remarqué, dans ce genre d'essais, que les défauts se présentent davantage dans la tête que dans les parois latérales des isolateurs, il faut s'attacher principalement à cette recherche. Quand une rupture se produit, un interrupteur automatique coupe le circuit primaire de l'appareil à haute tension; si alors, en replaçant l'interrupteur, la tension ne monte plus lorsqu'on manœuvre le rhéostat, c'est signe que l'isolateur est complètement percé.

Les règlements fixent, dans certains établissements, les tensions d'essais à une fois et demie la tension de service, pour des différences de potentiel allant de 5000 à 10000 volts; la maison Hermsdorf adopte des tensions bien plus élevées; ainsi, pour les isolateurs à cloche devant supporter des lignes de 5000 volts, la tension d'essai est de 20000 volts; pour 10000 volts de ligne, elle est de 30000 volts et pour 50000, de 100000 volts.

Un isolateur en porcelaine à double cloche de 10cm de hauteur, 7cm de diamètre de base et 3cm,3 de col donne des lueurs violettes visibles au col sous une tension de 5000 à 7000 volts; de 7000 à 10000 volts, le même phénomène s'accentue; de 10000 à 13000 volts, une teinte très vive se manifeste et l'isolateur se perce; pour une tension supérieure, les isolateurs doivent être obligatoirement mis hors de service.

Les accidents qui provoquent la fusion et l'éclatement des isolateurs en porcelaine sont très variés, et il est rare de trouver un modèle offrant toutes les garanties; la foudre, les surtensions, les courts-circuits, de fausses manœuvres d'interrupteurs peuvent les provoquer sans que l'isolateur présente des défauts d'isolement ou de résistivité propre. Mais c'est celui-ci qu'il faut accuser lorsqu'on a des preuves que les éclatements proviennent de la dilatation du scellement ou de la ferrure ou encore lorsqu'un excès de courant provient d'une trop grande porosité de la porcelaine.

Les essais à haute tension à sec se font à l'aide d'un dispositif très simple consistant à relier les deux conducteurs de la source électrique, l'un à la gorge et l'autre à la ferrure de l'isolateur. En les effectuant sur un isolateur *Mehun*, on constate que les étincelles n'apparaissent nettement entre le col et la soudure que vers 38000 volts, avec un courant alternatif, à la fréquence de 42 périodes; à 39000 volts, les étincelles augmentent et se succèdent rapidement; enfin à 41000 volts, l'arc s'amorce entre le col et la soudure. Naturellement, le voltage maximum pouvant être supporté par les isolateurs en porcelaine varie avec chaque modèle. Les chiffres qui précèdent ne visent que des cas particuliers. Ils sont cependant suffisants pour se rendre compte des rapports devant exister entre la structure intime de leur matière et les applications auxquelles on les destine.

JEAN ESCARD.

LÉGISLATION, RÉGLEMENTATION.

Projet de loi relatif aux usines hydrauliques voté par la Chambre des députés.

La Chambre des Députés, dans sa séance du 16 juillet, a adopté le projet de loi suivant :

TITRE PREMIER.

CLASSIFICATION DES USINES.

ARTICLE PREMIER. — Les usines hydrauliques établies sur les cours d'eau et canaux du domaine public se divisent en usines autorisées et en usines concédées.

ART. 2. — Sont classées comme usines autorisées les usines qui disposent d'une puissance brute en étiage d'au plus 200 kilowatts et qui n'ont pas pour objet principal le commerce de l'énergie.

Toutes les autres usines sont concédées.

TITRE II.

USINES AUTORISÉES.

ART. 3. — Les usines autorisées continuent à être régies par les lois et règlements actuellement en vigueur. Tout en restant essentiellement précaires et révocables, les autorisations qui constituent leur titre ne sont, en aucun cas, valables pour une durée supérieure à 50 ans.

A l'expiration de ce délai, si l'autorisation n'est pas renouvelée, le permissionnaire est tenu, au choix de l'Administration, soit de rétablir les lieux dans l'état primitif, soit d'abandonner à l'État, sans indemnité, ceux de ses ouvrages qui sont établis sur le domaine public fluvial.

ART. 4. — En ce qui concerne les usines actuellement existantes, le délai de 50 ans fixé à l'article précédent courra à partir de la promulgation de la présente loi.

ART. 5. — Les usines autorisées peuvent être exceptionnellement admises à vendre au public leurs excédents d'énergie ou leurs résidus d'exploitation. Les conditions de l'autorisation sont déterminées dans chaque cas par un arrêté du Ministre des Travaux publics.

TITRE III.

USINES CONCÉDÉES.

ART. 6. — La force motrice destinée à alimenter les usines concédées fait l'objet d'une concession d'une durée déterminée avec cahier des charges conforme à un ou plusieurs types approuvés par décret rendu en Conseil d'État, sauf les dérogations ou modifications qui seraient expressément spécifiées dans l'acte de concession.

La concession est accordée au nom de l'État par un décret rendu en forme de règlement d'administration publique. Une loi est nécessaire lorsque les travaux d'appropriation de la force comportent le détournement des eaux de leur lit naturel sur une longueur de plus de 20^{km}, mesurée suivant ce lit, ou que la puissance brute dont l'usine pourra disposer à l'étiage dépassera 15000 kilowatts.

Les modifications apportées ultérieurement à l'emploi et à la répartition de la force hydraulique sont autorisées par décret rendu en Conseil d'État après enquête.

Ces dispositions ne s'appliquent pas aux usines qui font partie intégrante d'entreprises déclarées d'utilité publique et pour lesquelles un modèle de règlement spécial sera arrêté par décret rendu en Conseil d'État.

ART. 7. — La concession investit le titulaire, pour l'exécution des travaux définis au cahier des charges, et pour ces travaux seulement, de tous les droits que les lois et règlements confèrent à l'Administration en matière de travaux publics. Le concessionnaire demeure en même temps soumis à toutes les obligations qui dérivent pour l'administration de ces lois et règlements.

S'il y a lieu à expropriation, il y est procédé conformément à la loi du 3 mai 1841, au nom de l'État et aux frais du concessionnaire.

ART. 8. — Les usines concédées ont le droit d'occuper les propriétés privées nécessaires à l'appui des ouvrages de retenue ainsi qu'à l'établissement des canaux souterrains d'adduction et de fuite, conformément aux dispositions des projets régulièrement approuvés par l'Administration.

L'exercice de ces servitudes doit être précédé d'une notification directe aux intéressés et d'une enquête spéciale dans chacune des communes où doivent être établis les ouvrages précités.

Les indemnités qui pourraient être dues de ce chef sont réglées en premier ressort par le Tribunal civil; s'il y a expertise, le Tribunal peut ne nommer qu'un seul expert.

ART. 9. — Le cahier des charges des usines concédées détermine notamment :

1° La destination de l'usine;

2° La durée de la concession;

3° Les ouvrages, terrains, bâtiments et engins de toute nature constituant les dépendances immobilières de la concession;

4° Le règlement d'eau de l'usine et, en particulier, les mesures intéressant la navigation ou le flottage, la protection contre les inondations, la salubrité publique, l'alimentation des populations riveraines, les nécessités de l'irrigation, la conservation et la libre circulation du poisson, la protection des paysages;

5° Le montant de la redevance due à l'État pour la prise d'eau et, s'il y a lieu, la contribution afférente à l'utilisation des ouvrages déjà établis par l'État dans l'intérêt de la navigation ou du flottage, ainsi que les autres conditions financières de la concession;

6° Le montant du cautionnement;

7° Les tarifs maxima à percevoir pour la vente au public de l'énergie;

8° Les réserves en eau ou en force stipulées au profit des services publics, ainsi que les conditions auxquelles elles devront être mises à la disposition de ces services;

9° Les conditions dans lesquelles devra pouvoir être exercé le rachat par l'autorité concédante;

10° Et d'une manière générale les droits et obligations du concessionnaire, tant pendant la durée de la concession qu'à son expiration.

ART. 10. — Les ouvrages, terrains, bâtiments et engins de toute nature déterminés au cahier des charges comme constituant les dépendances immobilières de la concession font partie du domaine public; ils sont assimilés aux ouvrages de la grande voirie, notamment au point de vue de la répression des contraventions. Les contraventions sont passibles d'une amende de 16^{fr} à 300^{fr}.

ART. 11. — Au moment où la concession prend fin, l'État entre gratuitement, et par le fait même, en possession des dépendances du domaine public telles qu'elles sont définies à l'article précédent.

ART. 12. — Les usines qui font partie intégrante d'entreprises d'utilité publique, et les usines concédées qui n'ont pas pour objet principal le commerce de l'énergie, peuvent à toute époque vendre et employer leurs excédents d'énergie et leurs résidus d'exploitation aux conditions fixées par un décret rendu en Conseil d'État sur le rapport du Ministre des Travaux publics.

ART. 13. — Les usines actuellement existantes, qui ont été autorisées à titre précaire et révocable, et qui disposent d'une puissance brute en étiage supérieure à 200 kilowatts, ou qui ont pour objet principal le commerce de l'énergie, seront dans un délai de 5 ans, à partir de la promulgation de la présente loi, placées sous le régime des usines concédées.

Toutefois, la concession leur sera toujours accordée par décret.

TITRE IV.

DISPOSITIONS GÉNÉRALES.

ART. 14. — Les cours d'eau ou parties de cours d'eau, ainsi que les canaux du domaine public, auxquels s'applique la présente loi, sont :

1° Ceux qui figurent au Tableau annexé à l'ordonnance du 10 juillet 1835, en tenant compte des modifications apportées à ce Tableau par les décrets postérieurs de classement et de déclassement;

2° Ceux qui sont entrés dans le domaine public à la suite de l'exécution de travaux déclarés d'utilité publique ou d'actes de rachat.

Les cours d'eau, portions de cours d'eau et canaux ainsi définis ne pourront être distraits du domaine public qu'en vertu d'une loi.

Toutes actions en reconnaissance de droits acquis sur les cours d'eau compris au paragraphe 1° ci-dessus devront, à peine de forclusion, être introduites dans le délai d'un an à partir de la promulgation de la présente loi.

ART. 15. — Les redevances domaniales à imposer aux usines autorisées sont établies conformément à l'article 44 de la loi du 8 avril 1898 et aux règlements rendus ou à rendre en exécution de cet article. Ces règlements devront déterminer les conditions spéciales auxquelles seront fixées les redevances applicables aux usines établies sur les canaux du domaine public.

ART. 16. — Des règlements d'administration, rendus sur le rapport du Ministre des Travaux publics, détermineront :

1° Le modèle du règlement d'eau pour les usines autorisées;

2° Le texte du cahier des charges type des usines concédées;

3° La forme de l'instruction des projets et de leur approbation;

4° Les formes des différentes enquêtes relatives à l'autorisation ou la concession des usines, à l'établissement des servitudes spéciales d'appui et de passage;

5° L'organisation du contrôle des usines concédées, contrôle dont les frais sont à la charge des concessionnaires;

6° Les conditions générales de mise en vente des excédents d'énergie et des résidus d'exploitation dans les cas prévus aux articles 5 et 12;

7° Et, en général, toutes les mesures nécessaires à l'application de la présente loi.

ART. 17. — Les dispositions de la présente loi ne s'appliquent pas aux usines ayant une existence légale.

ART. 18. — Sont abrogées toutes les dispositions de loi ou de règlement contraires à la présente loi.

JURISPRUDENCE ET CONTENTIEUX.

Contrat collectif de travail antérieur à 1906 : 24 jours annuels de repos payés. — Loi du 13 juillet 1906 sur le repos hebdomadaire. — Inexécution forcée. — Résiliation.

Cour de Cassation, Chambre des Requêtes, 26 juillet 1909. Chambre syndicale des employés, mécaniciens, chauffeurs, ..., contre Chemins de fer à voie étroite de Saint-Étienne, Firminy, ...

La Cour,

Sur le moyen unique du pourvoi pris de la violation de l'article 7 de la loi du 20 avril 1810, manque de base légale, violation de l'article 1184 du Code civil et de la loi du 13 juillet 1906 sur le repos hebdomadaire;

Attendu, d'une part, que la loi du 13 juillet 1906, en prescrivant le repos hebdomadaire, n'a pas édicté que la journée de chômage serait payée aux employés et ouvriers; d'autre part, que l'inexécution partielle d'un contrat peut être une cause de résolution, alors même que cette inexécution proviendrait d'un fait de force majeure; qu'il est dès lors loisible au patron, pendant le cours d'un contrat de louage de services fait pour un temps déterminé, d'en demander la résolution lorsque la modification apportée à la durée effective du travail par la mise en vigueur de la loi sur le repos hebdomadaire entraîne pour lui une aggravation certaine des charges qu'il a prévues et acceptées;

Attendu qu'il résulte des constatations de l'arrêt attaqué (Lyon, 10 mars 1908) qu'à la date du 20 juillet 1905 est intervenue entre la Compagnie des Chemins de fer à voie étroite de Saint-Etienne, Firminy, Rive-de-Gier et extensions et la Chambre syndicale des employés des tramways à vapeur, mécaniciens, chauffeurs, conducteurs, ouvriers des dépôts et similaires, une convention intitulée : « Réglementation des conditions du travail et salaires du personnel de la Compagnie », aux termes de laquelle celle-ci prenait l'engagement de limiter à 70 heures par semaine le travail de son personnel et d'accorder à ses employés un jour de repos payé par mois et, en outre, 12 jours de repos payés par an, soit, pour l'année, 24 jours de repos payés; que par l'effet de la loi du 13 juillet 1906 l'engagement corrélatif du personnel de fournir au besoin les 70 heures de travail ne peut plus être tenu puisque le travail de chaque employé est réduit à 6 jours par semaine; qu'en l'état de la législation nouvelle, la Compagnie devrait 52 jours de repos payés, c'est-à-dire 28 de plus qu'elle n'en a promis; que le fait, par chacun des employés, de ne pas exécuter le contrat pendant 28 jours, tout en étant payé pendant la durée de ce chômage, entraîne pour la Compagnie, étant donné le nombre de ses employés, un accroissement de dépense considérable;

Attendu qu'en décidant, dans les circonstances de la cause, qu'il y avait lieu de prononcer la résolution de la convention du 20 juillet 1905, l'arrêt attaqué, régulièrement motivé, loin de violer les textes de loi visés au moyen, en a fait une exacte application;

Par ces motifs, rejette...

CONGRÈS, CONCOURS, ETC.

Congrès français du Froid (Lyon, 1er-3 octobre 1909). — L'Association française du Froid, créée à la suite du premier Congrès international du Froid, tenu, l'an dernier, à Paris, a décidé de réunir du 1er au 3 octobre prochain, dans la ville de Lyon, le premier Congrès national français du Froid. Ce Congrès, organisé avec le concours de la Municipalité lyonnaise, est placé sous la présidence de M. Ruau, ministre de l'Agriculture, la présidence d'honneur de M. Chéron, sous-secrétaire d'Etat, et la présidence de M. Herriot, maire de Lyon.

Tous les membres de l'Association française du Froid ont droit de faire gratuitement partie du Congrès et de jouir de tous les avantages. Les personnes ne faisant pas partie de l'Association peuvent faire partie du Congrès, avec l'approbation du bureau de l'Association, comme membres titulaires, moyennant le versement de la somme de 10fr. Les personnes faisant partie de la famille d'un membre titulaire peuvent faire partie du Congrès comme membres associés moyennant le versement d'une somme de 5fr ; les membres associés bénéficient des avantages de trans-

port, prennent part aux séances, visites, réceptions, fêtes, etc., mais ils ne reçoivent pas les publications du Congrès et n'ont pas le droit de vote.

Les travaux du Congrès seront répartis entre les quatre sections ci-après : gaz liquéfiés et matériel frigorifique; applications générales du froid; transports frigorifiques; législation.

Les congressistes profiteront de nombreux avantages : réduction de 50 pour 100 sur les parcours en chemins de fer; réduction de 10 à 20 pour 100 sur les logements à Lyon; remise dès l'inscription de trois volumes illustrés sur l'état actuel de l'industrie frigorifique en France, en Italie et dans la République argentine; réception des rapports et comptes rendus du Congrès, etc.

Pour l'inscription, s'adresser : à Paris, 10, rue Denis-Poisson; à Lyon, cabinet de M. le Maire, à l'Hôtel de Ville.

Congrès international de Radiologie et d'Électricité (Bruxelles, 1910). — Ce Congrès, placé sous le patronage du Gouvernement belge et de la Société française de Physique, se tiendra l'an prochain, pendant la durée de l'Exposition universelle qui doit avoir lieu à Bruxelles. Le Comité d'honneur comprend toutes les sommités scientifiques telles que Angström, d'Arsonval, Mme Curie, Chwolson, Lodge, Lorentz, Poincaré, Ramsay, Rayleigh, Voigt, Zeeman, etc.

Les travaux du Congrès seront répartis en trois sections, dont la seconde (sciences physiques) s'occupera particulièrement des questions d'électricité générale, et la troisième (sciences biologiques) de l'application de l'électricité à la médecine.

La cotisation est de 20fr; elle est réduite à 10fr pour les femmes et les enfants non mariés des congressistes, ainsi que pour les étudiants. Pour renseignements, s'adresser à M. Daniel, secrétaire général, 1, rue de la Prévôté, Bruxelles.

Congrès universel d'Esperanto (Barcelone, 5-11 septembre 1909). — Quatre Congrès de ce genre ont été tenus précédemment à Boulogne-sur-Mer (1905), Genève (1906), Cambridge (1907) et Dresde (1908); celui qui va avoir lieu en septembre prochain à Barcelone constitue donc la cinquième réunion internationale des espérantistes.

Le droit d'inscription est de 10fr. Pour tous renseignements complémentaires, s'adresser à l'Office central espérantiste, 51, rue de Clichy, à Paris.

Concours international pour une manivelle de sûreté. — En vue de réduire le plus possible les accidents dus à la rotation en sens inverse de leur marche normale des manivelles, soit dans les appareils de levage (grues, treuils, devantures métalliques de boutiques, etc.), soit dans les moteurs à explosion (pour automobiles ou tous autres usages), l'Association des Industriels de France contre les accidents du travail ouvre un concours international ayant pour but la création d'un dispositif de sûreté répondant aux conditions suivantes :

1° Pour les appareils de levage, arrêter nettement la rotation de la manivelle pendant la descente de la charge;

2° Pour les moteurs à explosion, déterminer le désembrayage immédiat de la manivelle de mise en marche : *a*, aussitôt que l'action de celle-ci cesse d'être nécessaire; *b*, lors d'un retour intempestif en arrière.

La manivelle devra être disposée de façon à pouvoir entrer en action soit au début de l'opération, soit, en cas de retour en arrière, dans une position angulaire quelconque de l'arbre.

Les dispositifs présentés peuvent s'appliquer soit exclusivement aux appareils de levage, soit exclusivement aux moteurs à explosion, soit de préférence aux uns et aux autres à la fois.

Ces dispositifs restent la propriété des inventeurs. Il appartient à ceux-ci de prendre, en temps utile, les mesures nécessaires pour garantir cette propriété.

L'Association se réserve expressément le droit de publier, dans la mesure qui lui conviendra, la description et les dessins des appareils présentés au concours.

Les concurrents devront faire parvenir, avant le 1er février 1910, au Président de l'Association, 4, boulevard Saint-André, à Paris, une Notice descriptive très complète de la disposition qu'ils présentent au concours, avec dessins à l'appui. Ces documents pourront être gardés par l'Association.

Les concurrents qui présenteront, à la fois, une manivelle de sûreté pour les appareils de levage et une autre pour les moteurs à explosion, devront envoyer pour chacune d'elles un Mémoire spécial.

Les concurrents dont les dispositifs auront été retenus par la Commission d'examen et de classement, pour être soumis à des épreuves pratiques, en seront avisés et ils devront, dans le délai de 2 mois de cet avis, tenir prêts leurs appareils.

Les essais, dont le programme sera tracé par le Jury, seront effectués, au lieu indiqué, par les soins et aux frais des intéressés.

La Commission fera ensuite son Rapport au Conseil de Direction de l'Association, qui dispose d'un prix total de 1500fr.

Ce prix pourra être décerné au concurrent classé au premier rang ou être divisé entre plusieurs concurrents.

Pour tous renseignements, s'adresser au Directeur de l'Association, 4, boulevard Saint-André, à Paris.

École pratique d'Électricité industrielle et cours d'automobile (53, rue Belliard, Paris). — Le jury de sortie de l'École pratique d'Électricité industrielle, 53, rue Belliard (boulevard Ornano), à Paris, présidé par M. Eugène Sartiaux, ingénieur, chef des services électriques des Chemins de fer du Nord, et composé de MM. Blondin, directeur de *La Revue électrique;* Labour, ingénieur-directeur technique de la Société « L'Éclairage électrique »; Maurice Leblanc, ingénieur-conseil des Sociétés Westinghouse; Charles Mildé, ingénieur-constructeur; Zetter, directeur de la Société « Appareillage électrique Grivolas »; Charliat, ingénieur des Arts et Manufactures, directeur, et des professeurs de l'École, a décerné le diplôme aux élèves dont les noms, par ordre de mérite, sont :

MM.

1. Bertin.
2. Giraud.
3. Soutif.
4. Maheu.
5. Dubois.
6. Bouguié.
7. Lemesle.
8. Groslier.
9. Brunet.
10. Soumet.
11. Ithier.
12. Guiraud.
13. Martinel.
14. Virolle.
15. Hugues.
16. Gallet.
17. Villiers.
18. Liebaërt.
19. Chireix.
20. Jacquetty.
21. Clavière.
22. Defert.
23. Masset.
24. Roland.
25. Lerouge.
26. Coutanceau.
27. Blondin.
28. Lefèvre, G.
29. Valin.
30. Caumont.
31. Deverly.
32. Poigny.
33. Budan.
34. Burot.
35. Loye.
36. Raulin.
37. Cussac.
38. Cousin.
39. De Beausobre.
40. d'Arcangues.
41. de Beaufond.
42. Soulier.
43. Thouvay.
44. Des Chesnes.
45. Bourguignon.
46. Riolland.
47. Perelli.
48. Beurdeley.

Le certificat d'études a en outre été décerné aux élèves :

1. Foussier.
2. Mercier de Ste-Cr.
3. Foulard.
4. Mary.
5. Mollereau.
6. Noirot.
7. Chavelet.
8. Blavet.
9. Guichard.

École d'Électricité de Grenoble. — Ont été proposés pour le diplôme d'ingénieur électricien de l'Université de Grenoble :

MM. les capitaines d'artillerie Marotel, Poupard, Officiers détachés par le Ministère de la Guerre :

MM.

1. Antunez.
2. Ayrolles.
3. Burdou.
4. Barrot.
5. Blanchard.
6. Blot.
7. Bonifacy.
8. Bonneau.
9. Bouchardon.
10. Bouilly.
11. Bourgoin.
12. Brétégnier.
13. De Cecco.
14. Christollet.
15. Coignard.
16. Daoust.
17. Defarges.
18. Delay.
19. Devenet.
20. Dor.
21. Escande.
22. Forin.
23. Fressard.
24. Garde.
25. Gavoty.
26. Gayme.
27. Giaume.
28. Harazimowicz.
29. Huet.
30. De Lanversin.
31. Mariani.
32. Marjollin.
33. Marreau.
34. Maurin.
35. Miard.
36. Morin.
37. d'Olier.
38. Poix.
39. Revel.
40. Roidot.
41. Rousseau.
42. Sambuc.
43. Semensatis
44. Stadler.
45. Sylvestre.
46. Tufféry.
47. Vidal.
48. Vidalenche.
49. Zaugelmi.

CHRONIQUE FINANCIÈRE ET COMMERCIALE.

Convocations d'Assemblées générales. — *Société de l'appareillage électrique Grivolas.* Assemblée ordinaire le 10 août, à 2h30m, au siège social.

Société du Secteur électrique du Bassin de Beffes. Assemblée ordinaire et extraordinaire le 3 août, à 3h, 175, rue Saint-Honoré, Paris.

Nouvelles Sociétés. — *Société en nom collectif Robinovitch et Marcat.* Électricité. Siège social : 8, rue Bérenger, à Paris. Durée : 5 ans. Capital : 45000fr.

Société en nom collectif Max-Perret et Villard. Distribution et utilisation d'énergie électrique. Siège social : 3 et 5, rue de la Poste, à Chambéry (Savoie). Durée : 10 ans. Capital : 20000fr.

Société en commandite Fryman et Cie. Appareils électriques. Siège social : 56, rue du Tapis-Vert, à Marseille (Bouches-du-Rhône). Durée : 5 ans. Capital : 45000fr, dont 15000fr par la commandite.

Société L. Cazelle et Cie. Installations électriques. Siège social : 57, rue d'Alsace, à Toulouse (Haute-Garonne). Durée : 5 ans. Capital : 2000fr.

Société en nom collectif Penin et Leclercq. Électricité et automobiles. Siège social : 160, rue Pierre-Legrand, à Lille (Nord). Durée : 10 ans. Capital : 15000fr.

Société charentaise d'Électricité et de distribution d'énergie. Siège social : 48, cours National, à Saintes (Charente-Inférieure). Durée : 99 ans. Capital : 2500000fr.

Société d'énergie électrique du Forez. Siège social : rue du Gazomètre, à Feurs (Loire). Durée : 10 ans. Capital : 2000fr.

Compagnie générale de distribution électrique de l'Oise. Siège social : au lieu dit Saine-Fontaine, Bulles (Oise). Durée : 30 ans. Capital : 500000fr.

Société française d'Électricité de l'Argonne. Siège social : à Châtel-Chéhéry (Ardennes). Durée : 30 ans. Capital : 115000fr.

Compagnie centrale d'Éclairage et de Transport de force par l'électricité (Compagnie d'Électricité de Limoges). — Du Rapport présenté par le Conseil d'Administration à l'assemblée générale ordinaire du 28 avril 1909, nous extrayons ce qui suit :

Nos recettes totales d'éclairage et de force motrice pour l'exercice 1908 se sont élevées à la somme de 876140fr,90, savoir : Limoges 845987fr,25; Lubersac 6476fr,25; Brive 23677fr,40; soit un total de 876140fr,90 contre, en 1907, 851850fr,25; soit une augmentation en 1908 de 24290fr,65.

Nos dépenses d'exploitation se sont élevées en 1908 à 291504fr,98, contre, en 1907, 303562fr,80; soit une diminution de 12057fr,82. Le bénéfice d'exploitation est ainsi, en 1908 de 584635fr,92 contre, en 1907, 548287fr,45; soit une augmentation de 36348fr,47. Le nombre d'abonnés branchés sur le réseau était, au 31 décembre 1908, de 2063 au lieu de, au 31 décembre 1907, 1906, soit une augmentation de 157.

Il existait au 31 décembre de chaque année :

ANNÉES.	NOMBRE D'ABONNÉS.	LAMPES		MOTEURS.		REPRÉSENTANT une puissance totale en kilowatts.	SOUS-STATIONS des tramways.	PUISSANCE TOTALE des appareils alimentés par le réseau.
		à incandescence de 10 bougies.	à arc.	Nombre.	Puissance en kilowatts.			
1898	215	11284	50	15	42	467	»	467
1899.	463	26859	90	53	137	1130	»	1130
1900.	652	29064	227	130	323	1476	»	1476
1901.	835	35250	247	171	501	1882	»	1882
1902	1039	40287	268	194	579	2339	»	2339
1903.	1204	47250	410	228	792	2691	200	2891
1904.	1356	50260	459	262	902	2925	200	3125
1905.	1430	60268	460	298	1007	3386	200	3586
1906.	1650	68377	476	345	1234	3912	200	4112
1907.	1816	74766	507	379	1426	4347	200	4547
1908.	1964	80383	507	442	1671	4800	200	5000

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1908.

Actif.

	fr
Apport suivant statuts	500000 »
Premier établissement	7118304,27
Compteurs	87186,60

Mobilier	8462,65
Marchandises en magasin	83771,35
Débiteurs divers	235685,60
Caisses et banques	180872 »
Primes de remboursement sur obligations	1681819 »
Impôts sur titres	14421,30
	9910522,77

Passif.

Capital (28500 actions de 100fr)	2850000 »
Obligations 4 pour 100 de 500fr	1450500 »
Obligations 3 pour 100 de 500fr	3883500 »
Réserves	515412,40
Créditeurs divers	666860,23
Comptes d'ordre	25421,60
Profits et pertes	518828,54
	9910522,77

PROFITS ET PERTES.

Débit.

Dépenses d'exploitation	291504,98
Dépenses d'administration	33277 »
	324781,98
Service des obligations	184653,15
	509435,13
Balance	518828,54
	1028263,67

Crédit.

Recettes d'exploitation	876140,90
Recettes diverses	17989,02
	894129,92
Report des exercices précédents	134133,75
Total	1028263,67

Avis commerciaux. — RAPPORTS COMMERCIAUX DES AGENTS DIPLOMATIQUES ET CONSULAIRES DE FRANCE [1]. — N° 802. *Espagne.* — Commerce et navigation de la Corogne en 1908.

N° 803. *États-Unis.* — Mouvement commercial et maritime de Philadelphie pendant l'année 1908.

N° 804. *États-Unis.* — Le marché de Chicago et l'importation française.

N° 805. *Angleterre.* — Le commerce et l'agriculture de Jersey en 1907-1908. Importations françaises.

N° 806. *Turquie.* — Mouvement d'importation et d'exportation de la province de Bigha (Dardanelles) pendant l'année 1908.

(1) Ces documents sont tenus à la disposition des adhérents qui désireraient en prendre connaissance au Secrétariat général du Syndicat des Industries électriques, 11, rue Saint-Lazare.

Cours officiels, à la Bourse de Londres, du cuivre « Standard » et du cuivre électrolytique. — Du 26 juillet au 6 août 1909 ces cours ont été :

DATES.	CUIVRE « STANDARD ».	CUIVRE ÉLECTROLYTIQUE.
	£ sh d	£ sh d
26 juillet 1909	59 17 6	61 5 »
27 » »	58 15 »	60 15 »
28 » »	58 13 9	60 15 »
29 » »	58 7 6	60 10 »
30 » »	58 11 3	60 5 »
3 août »	58 16 3	60 5 »
4 » »	58 15 »	60 5 »
5 » »	58 13 9	60 5 »
6 » »	58 7 6	60 » »

NOTA. — La Bourse de Londres est fermée le samedi.

INFORMATIONS DIVERSES.

Électrochimie et Électrométallurgie. — LA FABRICATION DE LA CYANAMIDE AUX ÉTATS-UNIS. — L'American Cyanamide C°, dont l'usine principale est en installation sur la rive canadienne des chutes du Niagara, va faire construire une usine à Baltimore pour la préparation de divers engrais constitués par des mélanges de cyanamide et d'autres matières fertilisantes comme le plâtre, les phosphates. L'usine de Baltimore ne fera donc que compléter l'usine canadienne et coûtera de 35000 à 40000 dollars. L'usine canadienne est d'ailleurs sur le point de commencer sa fabrication afin que ses produits puissent être employés dès la campagne d'automne.

LES RÉSULTATS D'EXPLOITATION DE L'USINE DE NOTODDEN POUR LA FABRICATION DE L'AZOTATE DE CALCIUM. — Cette usine, qui dispose d'une puissance de 40000 chevaux utilisée à la fabrication de l'azotate et de l'azotite de calcium par le procédé Birkeland-Eyde, appartient à la Société norvégienne de l'Azote. D'après le rapport du Conseil d'administration pour l'exercice 1908, les bénéfices d'exploitation de cette Société se sont élevés à 866027 kr. (soit 1202800fr environ) pendant cet exercice, laissant un bénéfice net de 279000 kr. qui a permis de distribuer aux actions de priorité un dividende de 5 pour 100.

AVIS.

4.

Compagnie Française pour l'exploitation des Procédés

THOMSON-HOUSTON

CAPITAL : 40 MILLIONS

SIÈGE SOCIAL : 10, rue de Londres, PARIS

TÉLÉPHONE : 158-11, 158-81 — Adresse télégraphique : ÉLIHU-PARIS

TRACTION ÉLECTRIQUE — TRANSPORT DE FORCE

15,000 kilomètres de lignes. 25,000 voitures en service. | 1,500 stations centrales. 135,000 lampes à arc en service.

TURBINES A VAPEUR, SYSTÈME CURTIS

ATELIERS : 219, rue de Vaugirard. — PARIS

SOCIETE D'ELECTRO-CHIMIE

2, rue Blanche 2. — PARIS IX.

Usines à SAINT-MICHEL de MAURIENNE (Savoie)
Les CLAVAUX, par RIOUPEROUX (Isère), SAINT-FONS (Rhône)
LA BARASSE (Bouches-du-Rhône).
VALLORBE (Suisse) et à MARTIGNY-BOURG (Suisse

CHLORATES DE POTASSE ET DE SOUDE
ET PERCHLORATES PAR ELECTROLYSE.

Sodium, Peroxyde de sodium, Eau oxygénée Cyanure de sodium, Alliages d'aluminium avec les métaux réfractaires (Manganèse, etc).

PRIX SPECIAUX POUR APPLICATIONS IMPORTANTES

ACCUMULATEURS

POUR

Stations centrales,
Éclairage des habitations,
Sous-marins,
Traction électrique.

HEINZ

Bureaux et Usine : 27, rue Cavé, à LEVALLOIS

TÉLÉPHONE 537.58

COMPAGNIE " UNIVERSEL ÉLECTRIC "



PARIS — 35, Rue de Bagnolet, 35 — PARIS

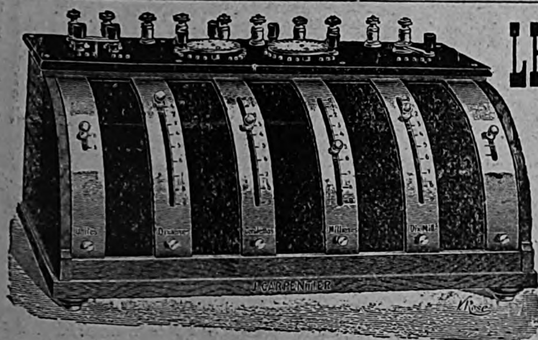
Adr. tél.: UNILECTRIC-PARIS TÉLÉPHONE 929-19

DYNAMOS ET MOTEURS

Réparations - Transformations - Locations - Échanges Achats Ventes

Garanties exceptionnelles -:- Isolants spéciaux. Étuvage -:- Plateforme d'essais et Laboratoire -:- Garantie d'échauffement et de puissance.

SPÉCIALITÉ DE COLLECTEURS



Potentiomètre J. Carpentier.

LE POTENTIOMÈTRE J. CARPENTIER

Permet la **mesure rapide** des différences de potentiel variant de **0,0001** à **600 volts**.

Il donne, par *la simple lecture* des chiffres indiqués en regard des manettes, la valeur de la *différence de potentiel cherchée*.

Instruments de mesures et Appareils électriques.

J. CARPENTIER, Ingénieur-constructeur,
20, rue Delambre, PARIS (XIVe).

Paris. — Imprimerie GAUTHIER-VILLARS, quai des Grands-Augustins, 55.

43761 — *Le Gérant :* GAUTHIER-VILLARS

6e Année. — TOME XII. N° 136. — 30 AOUT 1909.

LA REVUE ÉLECTRIQUE

ORGANE

DE L'UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ

Publiée sous la direction de J. BLONDIN, Agrégé de l'Université, Rédacteur en chef,

Avec la collaboration de :

MM. Armagnat, Becker, Bourguignon, Courtois, Da Costa, Jacquin, Jumau, Goisot, J. Guillaume, Labrouste, Lamotte, Mauduit, Raveau, G. Richard, Turpain, etc.

Revue paraissant deux fois par mois.

Abonnement. Paris : 25 fr. — Départements : 27 fr. 50. — Union postale : 30 fr. — **Le Numéro : 1 fr. 50.**

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,

Quai des Grands-Augustins, 55.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J. Blondin, 171, Faubourg Poissonnière, Paris (9e).

Tome XII. **N° 136. — 30 août 1909.**

LA REVUE ÉLECTRIQUE

CHRONIQUE.

Les phénomènes magnétiques ayant lieu dans les machines dynamo-électriques sont généralement si complexes, que, pour pouvoir expliquer le fonctionnement de ces machines, on est presque toujours obligé de faire des hypothèses particulières et simplificatrices. Cette façon de procéder ne saurait être critiquée tant que les hypothèses faites peuvent se concilier entre elles. Malheureusement il arrive parfois que l'on se trouve amené, toujours dans un but de simplification, à faire successivement des hypothèses incompatibles. Or le plus souvent cette incompatibilité n'apparaît pas de façon évidente jusqu'au jour où quelque professeur d'électrotechnique se trouve conduit à approfondir la question et à découvrir ainsi le défaut de logique que présentent beaucoup de démonstrations classiques.

C'est en particulier ce qui a lieu dans la théorie de l'**auto-excitation des dynamos :** on admet d'une part qu'il existe une aimantation rémanente, et d'autre part on applique au circuit magnétique le théorème d'Hopkinson qui suppose que le fer est sans aimantation rémanente.

Dans une communication fort importante faite au Congrès de Lille de l'Association française pour l'avancement des Sciences, M. SWYNGEDAUW a montré qu'il est possible d'expliquer toutes les particularités de l'auto-excitation des dynamos révélées par l'expérience sans commettre cette erreur de logique. Dans l'impossibilité où nous sommes de pouvoir donner aujourd'hui une analyse suffisamment détaillée de cette communication qui n'a pas encore été rédigée complètement par son auteur, nous nous bornons à donner, page 126, une reproduction d'un travail publié l'an dernier et où M. Swyngedauw montre qu'il est facile d'étendre le théorème d'Hopkinson à des circuits présentant de l'aimantation rémanente et par conséquent d'établir une théorie de l'auto-excitation à l'abri de la critique précédente.

Le pouvoir vaporisateur et le prix d'un combustible dépendent nécessairement de sa teneur en cendres. Est-il possible de trouver une relation mathématique entre chacune des deux premières quantités et la troisième? Pour le pouvoir vaporisateur il semble bien que la chose soit possible; mais le prix d'un combustible dépend, en outre de la teneur en cendres, de facteurs si variés, qu'il ne paraît pas à première vue qu'on puisse l'exprimer simplement en fonction de la teneur en cendres.

Dans l'article publié page 127, M. J. MATHIVET montre qu'en dépit de cette prévision il est parfaitement possible de prédéterminer le prix d'un combustible d'après sa teneur en cendres. C'est là un résultat qui ne peut manquer d'être apprécié des ingénieurs chargés de l'achat des combustibles dans les stations centrales.

La protection des canalisations souterraines

contre les détériorations dues au terrassement du sol avoisinant présente une grande importance pour les exploitants de réseaux de distribution urbains. M. VAN MANEN, ingénieur à La Haye, décrit, page 129, un nouveau dispositif de protection imaginé par le Service électrique de la ville d'Amsterdam, qui, suivant l'auteur, satisfait aux multiples conditions que doit remplir un tel dispositif : il consiste en plaques de ciment armé reliées entre elles par un système très simple de crampons.

Dans une Chronique antérieure nous avons signalé qu'en juin 1908, un orage à grêle ayant éclaté dans le Vaucluse, les lignes de transmission qui partent de l'usine de la Brillanne avait été accusées d'avoir retenu le nuage orageux dans leur voisinage immédiat, formant en quelque sorte un chemin conducteur dont le nuage ne pouvait s'écarter. Dans une Note à l'Académie des Sciences M. Violle avait donné une explication de ce phénomène en supposant qu'une ligne de transmission à haute tension est assimilable à l'un des pôles d'une machine électrostatique et produit des torrents d'ions électrisés qui rendent conducteur l'air environnant. Les expériences faites récemment par M. HOULLEVIGUE sur **l'ionisation de l'air par les canalisations électriques** montrent que, contrairement à l'hypothèse émise par M. Violle, cette ionisation est sensiblement nulle (p. 131).

Le **calcul des moteurs monophasés à collecteur** de M. FISCHER-HINEN a déjà été signalé dans la précédente Chronique. On trouvera pages 133 et suivantes la fin de cet important article.

Plus loin (p. 139 et 140) sont décrites deux applications mécaniques de l'énergie électrique : une **fraiseuse Œrlikon pour collecteurs** et un **cabestan Westinghouse**.

Dans le précédent numéro se trouvaient publiés divers articles concernant l'électrométallurgie; dans celui-ci, on trouvera deux articles sur le four électrique : l'un de M. MASSELON, sur le **four Rochling-Rodenhauser** (p. 144); l'autre de M. KERSHAW, sur divers **fours pour fusion** du fer et du laiton.

L'**observation des orages** à l'aide des dispositifs récepteurs de la télégraphie sans fil a été réalisée par M. TURPAIN d'une manière pratique, dès 1902, dans des expériences faites à Saint-Émilion, expériences qui avaient pour but de s'assurer s'il était possible d'être prévenu de l'arrivée des orages assez longtemps à l'avance pour qu'on puisse mettre en service au moment utile les canons et autres appareils destinés à protéger les vignobles contre les chutes de grêle. L'année suivante, M. Turpain, avec le concours de M. B. Brunhes, directeur de l'Observatoire du Puy de Dôme, installait un dispositif semblable dans cet Observatoire pour l'enregistrement continu des décharges atmosphériques.

Dans le courant de cette année, l'installation du Puy de Dôme a reçu diverses améliorations. En outre, M. Turpain a cherché à rendre ses dispositifs d'un emploi plus commode en substituant au cohéreur à limaille qu'il employait un cohéreur à aiguille, et en leur permettant, par l'usage d'un bolomètre, d'enregistrer les intensités relatives des décharges. Ce sont ces améliorations et perfectionnements que décrivait M. Turpain dans la communication qu'il a faite au récent Congrès de Lille de l'Association française pour l'avancement des Sciences et dont il est donné une analyse page 147.

Les **observations sur les courants telluriques** faites par MM. BRUNHES et P. DAVID à l'Observatoire du Puy de Dôme et communiquées par M. Brunhes au Congrès de Lille conduisent à une conclusion pratique importante concernant l'enregistrement des troubles magnétiques terrestres. L'enregistrement de ces troubles exige en effet des appareils très délicats qui ne peuvent être installés que dans des observatoires spéciaux, tandis que, au contraire, l'enregistrement des variations des courants telluriques n'exige qu'un dispositif galvanométrique relativement robuste et pouvant dès lors être installé dans tout laboratoire. Or, comme on le verra par l'analyse de la communication de MM. Bruhnes et David qui est donnée page 149, il résulte des observations de ces auteurs que les variations des courants telluriques dans une ligne de courte longueur dirigée de l'Est à l'Ouest suivent très exactement les troubles magnétiques, de sorte qu'au point de vue des résultats l'enregistrement de ces variations peut remplacer celui des perturbations magnétiques.

L'**Exposition de Nancy** présente pour les électriciens un double intérêt. D'une part, ils peuvent y voir un grand nombre d'appareils et machines électriques et en particulier une station centrale importante; d'autre part, et ce n'est pas là son moindre intérêt, ils peuvent y étudier les nombreuses machines de toute sorte qu'utilisent les industries diverses de la riche région industrielle qui environne Nancy et se rendre compte des dispositifs qu'il conviendrait d'y adapter pour les commander électriquement le jour prochain où la distribution de l'énergie électrique dans cette région sera réalisée.

A la page 153, on trouvera un premier article de M. Gourel sur cette Exposition. J. B.

UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ.

Siège social : boulevard Haussmann, 63, Paris. — Téléph. : 276-35.

Syndicats adhérents à l'Union : SYNDICAT DES FORCES HYDRAULIQUES, DE L'ÉLECTROMÉTALLURGIE, DE L'ÉLECTROCHIMIE ET DES INDUSTRIES QUI S'Y RATTACHENT; SYNDICAT PROFESSIONNEL DES INDUSTRIES ÉLECTRIQUES; SYNDICAT PROFESSIONNEL DES INDUSTRIES ÉLECTRIQUES DU NORD DE LA FRANCE; SYNDICAT PROFESSIONNEL DE L'INDUSTRIE DU GAZ (USINES ÉLECTRIQUES DU); SYNDICAT PROFESSIONNEL DES USINES D'ÉLECTRICITÉ.

SYNDICAT PROFESSIONNEL DES INDUSTRIES ÉLECTRIQUES.

Siège social : rue Saint-Lazare, 11.

Téléphone : 238-60.

SEIZIÈME BULLETIN BIMENSUEL DE 1909.

Exposition internationale d'Agriculture, Buenos-Ayres, 1910.

Une Exposition internationale d'Agriculture, placée officiellement sous les auspices du Gouvernement Argentin et organisée par la Société Rurale Argentine, aura lieu à Buenos-Ayres du 3 juin au 31 juillet 1910.

Les industries électriques peuvent trouver place dans les sections suivantes de la deuxième division de ladite Exposition :

Deuxième Section. — Machines et leurs annexes :

Troisième Section. — Classe III, Groupe V : Hygiène; appareils et systèmes de chauffage; ventilation; éclairage, etc.

Sixième Section. — Classe X, Groupe X : Applications de l'électricité à la campagne ; Téléphonie, etc.

Nous tenons à la disposition de nos adhérents le programme et le règlement de cette Exposition, ainsi que des formules pour demande d'emplacement. Les délais pour présenter les demandes d'emplacement doivent expirer le 1er novembre 1909.

On peut d'ailleurs correspondre directement avec le Secrétariat de l'Exposition, Florida 316, Buenos-Ayres (République Argentine).

Tarif des Douanes françaises.

Décision réglementaire récente relative au classement des marchandises.

Désignation des marchandises.	Classement.
Fiches pour prises de courant en ivoire et cuivre.	Même régime que la *Tabletterie d'ivoire, autres objets* (n° 640 *bis*).

Bibliographie.

MM. les membres adhérents peuvent se procurer au Secrétariat général :

1° Les statuts du Syndicat;
2° Les annuaires du Syndicat;
3° La collection complète des Bulletins;
4° Les numéros séparés dont ils auraient besoin pour compléter leur collection;
5° Les instructions concernant les conditions d'établissement des installations électriques dans l'intérieur des maisons;
6° Les instructions générales pour la fourniture et la réception des machines et transformateurs électriques;
7° La série de prix des travaux d'électricité établie par le groupe des Chambres syndicales du bâtiment et des industries diverses et le Syndicat Professionnel des Industries électriques (édition de 1907);
8° Le Rapport de M. Guieysse sur les retraites ouvrières;
9° Les affiches dont l'apposition est prescrite par les lois réglementant le travail (voir *Bulletin* de juin 1905);
10° Les affiches « Dangers de l'alcoolisme » et « Conseils pour éviter la tuberculose »;
11° L'affiche indiquant les secours en cas d'accidents dus aux conducteurs d'énergie électrique;
12° La loi du 15 juin 1906 sur les distributions d'énergie; les décrets, arrêtés et circulaires relatifs à l'application de cette loi;
13° La convention pour la concession de la distribution de l'énergie électrique dans Paris.

Liste des documents publiés dans le présent Bulletin à l'intention des membres du Syndicat Professionnel des Industries électriques.

Ministère du Travail et de la Prévoyance sociale. — Décret relatif aux déclarations à effectuer en Algérie par les chefs d'établissements industriels et commerciaux en ce qui concerne les accidents survenus à leurs employés et ouvriers, p. 155. — Circulaire en date du 14 juin 1909, relative à l'installation des appareils d'arrêt de machines motrices, p. 155.

Avis commerciaux. — Rapports commerciaux des agents diplomatiques et consulaires de France, p. 160. — Tableau des cours du cuivre, p. 160.

SYNDICAT PROFESSIONNEL DES USINES D'ÉLECTRICITÉ.

Siège social : rue Tronchet, 27, Paris.

Téléphone : 225-92.

SEIZIÈME BULLETIN BIMENSUEL DE 1909.

— Compte rendu bibliographique, p. 125. — Liste des documents publiés à l'intention des membres du Syndicat Professionnel des Usines d'Électricité, p. 125.

NÉCROLOGIE.

Charles Herbault. — Le 1[er] juillet 1909 ont eu lieu les obsèques de M. Charles Herbault, ancien président d'honneur du Syndicat, au milieu d'une foule d'amis qui l'avaient accompagné à sa dernière demeure. Devant sa tombe, M. Rodier, vice-président de la Compagnie générale d'Électricité, a prononcé les paroles suivantes:

« J'éprouverai une intime satisfaction en rendant à » l'ami que nous pleurons un dernier témoignage de » l'affection profonde que je lui avais vouée. Cette affec- » tion, qui avait plus de 50 ans d'âge, ne s'est pas un » seul jour démentie !

» Charles Herbault n'avait pas 20 ans quand je l'ai » connu ! J'ai vu en lui le modèle des fils; de quels » soins attentionnés il entourait sa mère avec qui il » vivait dans une touchante intimité ! J'ai vu, en même » temps, le modèle des frères. Je ne crois pas qu'il soit » possible de prodiguer plus de dévouement que Charles » n'en a dépensé au service de son frère Nemours. Il » l'a escorté dans le cours de sa carrière d'agent de » change, collaborateur assidu, toujours dans l'ombre, » mais fier des succès de son aîné, fier quand le suf- » frage de ses confrères l'a porté au rang suprême de » la Compagnie.

» C'est au cours de cette collaboration des deux » frères que prit naissance la Compagnie générale » d'Électricité créée avec leurs propres ressources et le » concours modeste de quelques amis.

» Cette affaire était loin d'être prospère quand inter- » vint M. Azaria, jeune ingénieur, familiarisé avec les » applications de l'électricité. La physionomie de l'af- » faire ne tarda pas à se modifier à ce point que c'est » là que naquit la Compagnie générale d'Électricité.

» Je n'ai pas ici à parler de l'envergure qu'a prise » cette affaire, mais je tenais à en parler parce qu'elle » a été la véritable compagne de notre ami depuis sa » création. Il était le fondateur de cette grande Compa- » gnie, il en était le président et elle était l'unique oc- » cupation quotidienne de sa vie Il en était d'autres qui » l'intéressaient certainement, mais qui n'attiraient pas » aussi quotidiennement sa sollicitude. Une pourtant, » la Société Pleyel dont il était administrateur, avait » droit à une sympathie que notre ami lui a toujours » très cordialement manifestée.

» Charles Herbault était président honoraire du » Syndicat Professionnel des Usines d'Électricité, dont il » a été le créateur.

» Modeste toujours, Charles Herbault, par les ser- » vices rendus, avait conquis, dans la dernière partie » de sa carrière, une situation importante dans le » monde de l'industrie électrique ; il y laisse des regrets, » justifiés par l'exemple de loyauté constante qui fut la » règle de conduite qu'il observa religieusement pen- » dant toute sa vie.

» Cher ami ! ceux qui vous ont connu garderont un » impérissable souvenir des qualités que je voudrais » avoir su mettre en lumière, ceux qui ont été favo- » risés de votre amitié ont le droit de s'en montrer » fiers ; je tire vanité d'avoir été de ceux-là, et c'est du » fond du cœur que je vous dis : Au revoir ! »

M. Gustave Lyon, directeur de la maison Pleyel, a mis ensuite en relief, dans une allocution vibrante, les hautes qualités d'administrateur et les mérites personnels, comme ami, de M. Charles Herbault.

La foule s'est écoulée lentement, profondément émue de ces témoignages de sympathie et d'estime qui sont le couronnement de la belle carrière industrielle de Charles Herbault.

Extrait du compte rendu de l'Assemblée générale ordinaire du 18 mai 1909.

L'Assemblée générale du Syndicat Professionnel des Usines d'Électricité s'est réunie le mardi 18 mai 1909, salle des Sociétés savantes, 26, rue Serpente, à Paris, sous la présidence de M. Tainturier, vice-président du Syndicat, remplaçant M. Brylinski, empêché.

Sur 252 usines adhérentes représentant 4 100 000 lampes de 10 bougies, 52 sont représentées ayant en service 2931615 lampes de 10 bougies.

325 voix de membres actifs présents ou représentés seront exprimées dans les divers scrutins.

MM. Drouin et Sir sont nommés comme assesseurs; M. Fontaine, comme secrétaire.

M. Fontaine, secrétaire général du Syndicat, donne lecture du compte rendu des travaux de la Chambre Syndicale et des Commissions pendant l'exercice 1908.

Il rappelle que le Syndicat comprend actuellement 583 membres et 252 usines représentant 4 100 000 lampes de 10 bougies éclairant 7 000 000 d'habitants.

Commission technique. — Cette Commission, présidée par M. Eschwège, comprend 30 membres ; en outre du Rapport sur les traversées des lignes de chemins de fer, elle a examiné cette année les questions et Rapports suivants : les fusibles au point de vue de la sécurité, le contrôle de la chauffe dans les usines génératrices, le contrôle des compteurs d'usines, le projet d'association pour l'achat en commun des lampes à incandescence, les monographies d'usines modernes, les postes de transformation chez les abonnés, les mesures de précaution à prendre sur les lignes téléphoniques, l'unification du matériel de canalisation, l'unification des prises de courant, l'emploi de l'aluminium dans les canalisations et circuits électriques.

Commission d'exploitation administrative et commerciale. — Sous la présidence de M. Sée, cette Commission, qui comprend 19 membres, a discuté cinq Rapports sur la tarification, les impôts, les assurances, le contrôle des compteurs, le modèle de polices d'abonnement. Sept autres questions sont à l'étude sur l'achat en commun des lampes à incandescence, le projet de loi sur la réglementation du travail (horaires industriels), l'interprétation de l'article 7 du cahier des charges type sur les concessions communales, la communication des traités aux municipalités, l'autorisation de prises d'eau sur les rivières et les canaux en vue de l'alimentation des chaudières et de la condensation de la vapeur, les ré-

ducteurs de tension pour lampes à bas voltage, le minimum de consommation.

COMMISSION DE LÉGISLATION ET DE RÉGLEMENTATION. — La Commission de Législation et de Réglementation, sous la présidence de M. de Loménie, se compose de 12 membres. Elle a étudié la réorganisation des conseils de prud'hommes, le projet de loi sur les usines hydrauliques, le contrat de travail, les patentes, le projet de statuts d'association pour l'achat en commun des lampes à incandescence, le projet de loi relatif aux usines hydrauliques établies sur les cours d'eau du domaine public, le projet de loi sur la réglementation du travail (horaires industriels), le projet de loi sur la réglementation du travail, les redevances et frais de contrôle (loi du 15 juin 1906), les redevances pour lignes téléphoniques industrielles, la loi sur les accidents du travail, l'application de la loi du 15 juin 1906.

COMITÉ CONSULTATIF. — Le Comité consultatif, qui comprend 12 membres, sous la présidence de M. Frénoy, avocat au Conseil d'État et à la Cour de cassation, a rendu compte de 14 arrêts du Conseil d'État, 3 arrêts du Conseil de préfecture, 18 arrêts de cassation, 33 arrêts d'appel, 36 jugements civils, 11 jugements de commerce, 3 jugements correctionnels, 2 de simple police, 6 de justice de paix, 1 de prud'hommes.

Les interprétations nombreuses données par le Comité se rapportent à 42 sujets variés concernant la profession.

La Chambre Syndicale a continué à s'occuper des arbitrages et des expertises. Elle a en outre entretenu les meilleures relations avec les Sociétés savantes et les Associations françaises et étrangères.

Elle a échangé de nombreux bulletins et reçu une documentation et bibliographie nombreuse. 328 journaux français et 220 journaux étrangers ont été reçus et 28700 bulletins ont été échangés et expédiés.

Le service du placement du personnel a été poursuivi avec des résultats intéressants.

Enfin on ne peut que témoigner les plus vifs éloges de l'activité déployée tant par la Chambre Syndicale et les Commissions que par le Secrétariat et le personnel sous l'énergique impulsion du président M. Brylinski.

Après lecture du Rapport des trésoriers et vérificateurs, le Rapport du Secrétariat et ce dernier document sont adoptés à l'unanimité.

Conformément à l'ordre du jour, M. le Président fait voter sur le renouvellement du tiers des membres de la Chambre Syndicale. MM. Azaria, Beauvois-Devaux, Bizet, Brillouin, Fontaine, Hérard, Tainturier.

MM. Schiltz et Siegfried sont nommés comme vérificateurs des comptes.

Liste des nouveaux adhérents depuis le 15 août 1909.

Membres correspondants.

MM.

BRUNNER (Jacques), Chef mécanicien électricien, au Chiroulet, par Campan (Hautes-Pyrénées), présenté par MM. Brylinski et E. Fontaine.

DENY (Gaston), Électricien, 203, avenue du Roule, Neuilly-sur-Seine (Seine), présenté par MM. Eschwège et E. Fontaine.

MONNIOT (Adolphe), Ingénieur des Arts et Métiers de Châlons, Mines de Pienne, par Landres (Meurthe-et-Moselle), présenté par MM. Piernet et E. Fontaine.

AVIS IMPORTANT.

Nous pourrons mettre incessamment à la disposition de nos adhérents une brochure renfermant le complément des documents sur les distributions d'énergie et faisant suite à la brochure déjà publiée l'an dernier. Cette nouvelle brochure sera mise en vente dans nos bureaux au prix de 0fr,75.

Bibliographie.

25° Étude présentée par M. Lauriol, ingénieur en chef des services généraux d'éclairage, à la Sous-Commission du régime futur de l'Électricité à Paris, en date du 26 novembre 1904.

26° Note de M. Blondel, du 12 décembre 1904, et Note de la maison Brown-Boveri pour la Commission du régime futur de l'électricité à Paris.

27° Rejet par le Sénat de la régie du gaz à Paris (séances des 21 et 23 février 1905).

28° Loi du 9 avril 1898, modifiée le 31 mars 1905, concernant la responsabilité des accidents dont les ouvriers sont victimes dans leur travail.

29° Deuxième Rapport présenté par M. Morlot sur le projet de loi tendant à autoriser la Ville de Paris à emprunter une somme de 120 millions et à organiser le service du gaz.

30° Rapport de la Commission des Compteurs relatif aux réponses des constructeurs de compteurs aux desiderata qui leur ont été soumis par la Commission (réservé aux exploitants d'usines électriques).

31° Modèle type de bulletin de commande de compteurs.

32° Compte rendu *in extenso* des séances de la Chambre des Députés des 31 octobre, 6, 8, 10 et 13 novembre 1905 (la question du gaz à Paris).

(*Adresser les commandes à M. le Secrétaire général.*)

Compte rendu bibliographique.

Il sera fait mention de tous les Ouvrages d'intérêt général relatifs aux Associations comme aussi de tous les Livres techniques utiles pour les applications du courant électrique, dont on fera parvenir deux exemplaires au Syndicat Professionnel des Usines d'Électricité.

Liste des documents publiés dans le Bulletin à l'intention des membres du Syndicat Professionnel des Usines d'Électricité.

4.

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

MACHINES DYNAMOS.

Sur l'auto-excitation des dynamos, par SWYNGEDAUW (Communication faite au Congrès de Lille de l'Association française pour l'avancement des Sciences, avril 1909). — La théorie de l'auto-excitation des dynamos a été l'objet des travaux de divers électriciens et, en particulier, de M. P. Girault qui a exposé l'an dernier les résultats de ses recherches dans l'*Industrie électrique* et dans une Communication à l'Académie des Sciences (¹). Le cours qu'il professe à l'Institut électrotechnique de Lille a fourni à M. Swyngedauw l'occasion de revenir sur ce sujet et d'établir une théorie, enseignée dès mars 1908, présentant sur celle de M. Girault l'avantage de n'introduire que des données expérimentales. M. Swyngedauw reproche en effet à la théorie de M. Girault de reposer sur l'idée un peu artificielle de faire correspondre au flux rémanent un courant i_0 et une réluctance R_0 dont la valeur s'introduit dans les formules et n'est pas accessible à l'expérience, et de ne conduire à la formule donnant la vitesse critique que par une sorte de divination que ne permettent pas ses prémisses.

Dans sa communication au Congrès de Lille, M. Swyngedauw a exposé dans ses détails la théorie qu'il professe. En attendant que nous puissions donner à nos lecteurs cette communication, nous reproduisons ci-dessous une Note présentée par M. Swyngedauw, à la séance du 3 août 1908 de l'Académie des Sciences où se trouvent indiqués les principes de cette théorie :

Généralisation du théorème d'Hopkinson. — Dans la théorie de l'auto-excitation habituellement donnée dans les cours, on suppose d'une part qu'il existe une aimantation rémanente, et d'autre part on applique le théorème d'Hopkinson comme si le circuit magnétique était en fer parfaitement doux sans aimantation rémanente.

On peut lever cette contradiction et faire la théorie de l'auto-excitation en commençant par généraliser le théorème d'Hopkinson au cas de l'aimantation rémanente.

Désignons par Φ le flux qui traverse un tronçon du circuit magnétique de section s quand le courant qui traverse les spires magnétisantes est i, et soit Φ_0 le flux rémanent; $\varphi = \Phi - \Phi_0$ est le flux dû au courant seul. $\mathcal{B} = \frac{\varphi}{s}$ est l'induction due au courant seul; si $\mathcal{H}$ est le champ créé par le courant, $\mu = \frac{\mathcal{B}}{\mathcal{H}}$ est la définition généralisée de la perméabilité.

(¹) P. GIRAULT, *Comparaison des durées d'auto-excitation des dynamos shunt et série* (*Comptes rendus*, t. CXLVI, 4 mai 1908).

On voit dès lors que la démonstration classique du théorème d'Hopkinson donne, avec ces nouvelles définitions de $\mathcal{B}$, φ, μ,

$$\sum_c \frac{l\varphi}{\mu s} = 4\pi m i,$$

où l et s sont les longueurs et les sections d'un des tronçons du circuit fermé, φ le flux dû au courant seul, μ la perméabilité correspondante, mi les ampères-tours enroulés sur le circuit, $\sum_c$ la somme des termes $\frac{l\varphi}{\mu s}$ étendue au circuit magnétique C.

Théorie de l'auto-excitation. — Désignons par q le nombre des spires enroulées sur chacun des circuits magnétiques d'une machine à $2p$ pôles, $m = pq$ le nombre total des spires inductrices, R_t et R les réluctances du circuit inducteur et du flux utile, et σ le coefficient de fuites de la dynamo. On peut écrire

$$(1) \qquad 4\pi q i = (\sigma R_t + R)(\Phi - \Phi_0).$$

Désignons d'une part par $2a$ le nombre de branches de courant de l'induit, par n le nombre de spires de l'induit, par r la résistance du circuit parcouru par le courant inducteur, par t le temps. En négligeant la réaction d'induit, on peut écrire

$$(2) \qquad \frac{p}{a} n N \Phi - m\sigma \frac{d\Phi}{dt} = ri.$$

De (1) et (2) on déduit l'équation

$$(3) \qquad \left[4\pi \frac{p}{a} q n N - r(\sigma R_t + R)\right]\Phi + r(\sigma R_t + R)\Phi_0 = 4\pi m q \sigma \frac{d\Phi}{dt}.$$

A. Si $\frac{pnN}{am\sigma}$ est positif, c'est-à-dire si la dynamo tourne dans le sens pour lequel le flux est renforcé par le courant induit, le flux croît et atteint la valeur maximum

$$(4) \qquad \Phi_M = \frac{1}{1 - 4\pi \frac{pqnN}{ar(\sigma R_t + R)}} \Phi_0,$$

$(\sigma R_t + R)$ étant la valeur des réluctances pour le flux Φ_M.

Lorsque la dynamo donne son voltage normal, Φ_M égale environ 50 à 60 fois le flux rémanent; on pourra écrire sensiblement

$$(5) \qquad 4\pi \frac{p}{a} q n N = r(\sigma R_t + R).$$

B. Si, au contraire, l'induit tourne dans le sens qui désaimante la dynamo, le flux diminue et tend vers une limite,

$$\Phi_m = \frac{1}{1 + 4\pi \frac{pqnN}{ar(\sigma R_t + R)_0}} \Phi_0, \tag{6}$$

$(\sigma R_t + R)_0$ étant la réluctance correspondant à Φ_m; cette valeur est sensiblement constante, à $\frac{1}{10}$ près.

Durée de l'auto-excitation. — On peut calculer la durée nécessaire pour faire passer le flux de sa valeur rémanente Φ_0 à une valeur Φ correspondant à un point situé sur la première partie rectiligne de la caractéristique, voisin du coude de cette dernière.

Dans ces conditions, les réluctances sont constantes et la durée de l'auto-excitation est donnée par la relation

$$t = \frac{m\sigma}{\frac{p}{a} nN(1-k)} \operatorname{Log}\left[(1-k)\frac{\Phi}{\Phi_0} + k\right]. \tag{7}$$

Cette formule est entièrement vérifiable par l'expérience; $\frac{\Phi}{\Phi_0} = \frac{E}{E_0}$ est le rapport des forces électromotrices induites par les flux Φ et Φ_0 à une même vitesse

$$k = \frac{r(\sigma R_t + R)}{4\pi \frac{p}{a} qnN}. \tag{8}$$

Dans le cas de la perméabilité constante,

$$k = \frac{E_m - E_0}{E_m},$$

où E_m et E_0 sont les forces électromotrices induites à la même vitesse constante quand on fait fonctionner successivement la machine en désexcitation pour la résistance r du circuit inducteur et sous le flux rémanent Φ_0.

L'expérience vérifie la formule (7) à $\frac{1}{10}$ près; elle donne une valeur plus forte que la théorie, parce que la perméabilité n'est pas absolument constante au voisinage du flux rémanent, et est un peu plus faible que sur la partie droite de la caractéristique.

Théoriquement, une dynamo dans laquelle $n = 136$, $m = 1972$, $N = 1000$ tours par minute, $r = 32$ ohms, passerait du flux rémanent à un flux 38 fois plus grand en un temps égal à $9^s,9$; l'expérience donne $10^s,4$.

Auto-excitation à perméabilité constante. — Lorsque $k < 1$, on a

$$(1-k)\Phi = \Phi_0\left(e^{\frac{pnN}{am\sigma}(1-k)t} \; k\right); \tag{9}$$

le flux tend vers l'infini; la dynamo demanderait une puissance infinie; le fonctionnement stable en auto-excitation serait impossible. Il en est de même pour $k = 1$.

L'auto-excitation ne tend vers un régime stable que par l'augmentation de la réluctance à partir du coude de la caractéristique; la condition $k < 1$, satisfaite pour la portion rectiligne de la caractéristique, indique que la machine s'amorce franchement; elle rappelle la condition d'auto-excitation de S. Thompson.

PILES.

Pile à un liquide. SOCIÉTÉ AUBERT FRÈRES (Brevet français 396573 du 21 novembre 1908). — Cette pile diffère de la pile Leclanché par la substitution, comme électrolyte, du chlorure de manganèse au chlorhydrate d'ammoniaque. La pile se compose donc d'un zinc au pôle négatif, d'un aggloméré à base de bioxyde de manganèse au pôle positif et d'une solution concentrée de chlorure de manganèse comme électrolyte.

Les avantages indiqués pour cette pile sont les suivants : elle ne donne qu'une faible baisse de tension en décharge; elle ne s'use pas à circuit ouvert et peut être mise en court-circuit sans détérioration. En outre, la pile au chlorure de manganèse présenterait une grande capacité en ampères-heures et une faible résistance intérieure. Ces avantages peuvent être attribués à la grande concentration possible du chlorure de manganèse, cette concentration atteignant 150 pour 100 en poids. Grâce à celle-ci, le liquide est incongelable aux plus basses températures que la pile peut subir.

Après épuisement, cette pile peut, de plus, être régénérée, comme un accumulateur, à l'aide d'un courant de charge. Enfin, il ne se produit sur la pile aucun sel grimpant et la limpidité du liquide reste constante. On évite ainsi la formation de tout court-circuit intérieur et l'augmentation de résistance intérieure. T. P.

FORCE MOTRICE.

Prédétermination du prix d'un combustible et de son pouvoir vaporisateur d'après sa teneur en cendres. — Il est intéressant pour les agents qui sont chargés de la passation des marchés de combustibles destinés aux stations centrales d'électricité de connaître la loi de variation qui lie la valeur marchande desdits combustibles à leur teneur en cendres.

Voici la formule pratique que nous croyons pouvoir indiquer.

Soient :

x la teneur en pour 100 en cendres du combustible étudié;

p le prix de la tonne dudit combustible;

P le prix de la tonne d'un combustible idéal à 0 pour 100 de cendres ($P = 20^{fr}$);

C le pouvoir calorifique de ce même combustible ($C = 8500^{cal}$);

c le pouvoir calorifique du combustible étudié;

R le rendement thermique du type de chaudière employé avec un combustible à 0 pour 100 de cendres ($R = 0,80$);

r le rendement thermique du même type de chaudière avec le combustible étudié.

Nous écrirons simplement que la dépense supplémentaire qui résulte de l'emploi du combustible à 20^{fr} la tonne est compensée par l'économie de main-d'œuvre provenant de ce que l'on a moins de matière à mani-

puler dans ce cas que dans celui de l'emploi du combustible à x pour 100 de cendres.

La quantité de combustible à 0 pour 100 de cendres, nécessaire pour produire 1^{kg} de vapeur, sera représentée, en prenant 650 pour le nombre de calories nécessaires, par

$$\frac{650}{CR},$$

et son prix par

$$P \times \frac{650}{CR}.$$

La quantité de combustible à x pour 100 de cendres, nécessaire pour produire également 1^{kg} de vapeur, sera représentée par

$$\frac{650}{cr},$$

et son prix par

$$p \times \frac{650}{cr}.$$

D'autre part, la dépense de manipulation sera, au prix ordinaire de 1^{fr} la tonne :

Dans le premier cas

$$\frac{650}{CR},$$

et dans le second cas

$$\frac{650}{cr}.$$

Nous écrirons donc que

$$P\frac{650}{CR} - p\frac{650}{cr} = \frac{650}{cr} - \frac{650}{CR};$$

d'où

$$(1) \qquad p = \frac{cr(P+1)}{CR} - 1.$$

Mais c et r s'expriment aisément en fonction de C, R et x; on peut admettre en effet les formules pratiques suivantes :

$$c = C(1 - 0{,}01\,x),$$
$$r = R - 0{,}01\,x;$$

d'où, en remplaçant dans l'équation (1) et donnant à P, C et R les valeurs que nous leur avons attribuées (20^{fr}, 8500^{cal} et 0,80),

$$p = \frac{21.8500(1 - 0{,}01\,x)(0{,}80 - 0{,}01\,x)}{8500 \times 0{,}80} - 1,$$

et, finalement, en effectuant les calculs :

$$(2) \qquad p = 0{,}002625(100 - x)(80 - x) - 1.$$

Cette équation est celle d'une parabole dont une portion seule est utilisable, celle qui est comprise entre les points de coordonnées : $x = 0$, $p = 20$ et $x = 68$, $p = 0$ (schistes).

Nous donnons ci-joint le graphique de cette portion de parabole (courbe en trait plein).

On peut d'ailleurs joindre à cette courbe du prix de vente celle du pouvoir vaporisateur.

Si V est ce pouvoir, on a

$$V = \frac{cr}{650} = \frac{8500(1 - 0{,}01\,x)(0{,}80 - 0{,}01\,x)}{650},$$
$$V = 0{,}0013(100 - x)(80 - x),$$

ce qui donne une autre branche de parabole comprise entre les points de coordonnées $x = 0$, $V = 10^{kg},4$ et $x = 80$, $V = 0$.

Nous avons tracé cette branche de parabole en pointillé sur le graphique ci-joint.

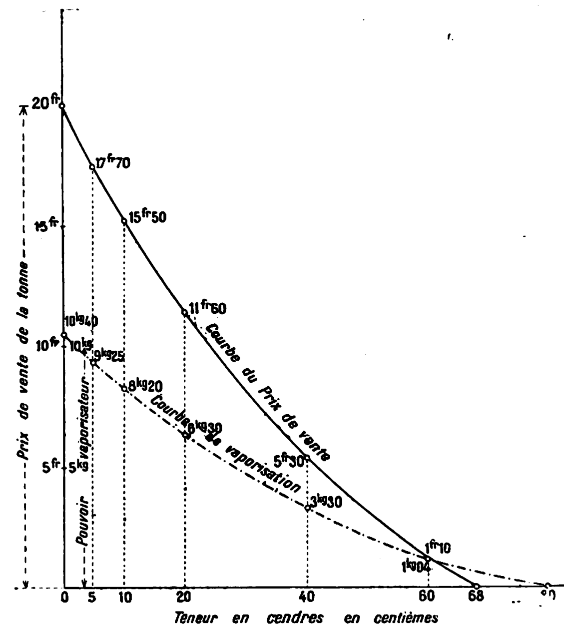


Fig. 1. — Courbes des variations du prix de vente et du pouvoir vaporisateur d'un combustible en fonction de sa teneur en cendres.

Conclusion. — La connaissance de ces deux courbes permettra de trouver à l'avance le pouvoir vaporisateur d'un combustible dont l'analyse aura donné la teneur en cendres et fournira une base sérieuse de discussion pour la fixation de sa valeur marchande.

Les constantes que nous avons choisies correspondent d'une manière suffisamment exacte aux conditions ordinaires de la pratique pour pouvoir être employées sans erreur appréciable : nous avons pu vérifier nous-même cette exactitude lors des essais de chaudières auxquels nous avons pris part. J. MATHIVET.

TRANSMISSION ET DISTRIBUTION.

CANALISATIONS.

La préservation des câbles souterrains contre les détériorations extérieures. — Les câbles souterrains sont, comme chacun sait, sujets à de nombreuses détériorations. Dans les grandes villes surtout où des fouilles s'effectuent journellement à cause des conduites d'eau et de gaz et des canalisations téléphoniques, télégraphiques et de distribution d'électricité, les câbles courent grand risque d'être endommagés. Le danger augmente encore toutes les fois qu'on enfonce dans le sol des chevilles ou des pieux, car alors il est impossible de contrôler où ils iront aboutir.

L'ingénieur électricien ne sait que trop quelles peuvent être les conséquences de la détérioration d'un câble électrique : non seulement celui-ci, ou même toute une partie des réseaux se trouve abîmée, mais le service tout entier de l'usine d'électricité court le risque d'être dérangé, et une cause en apparence si futile peut souvent en amener la perturbation complète.

C'est pour cela qu'on cherche depuis longtemps de quelle façon on pourrait le mieux garantir les câbles. On a employé à ce sujet différents systèmes, qui malheureusement n'ont donné aucun résultat satisfaisant en pratique. Les uns ne protégeaient nullement le câble, les autres exigeaient de telles dépenses que l'ingénieur

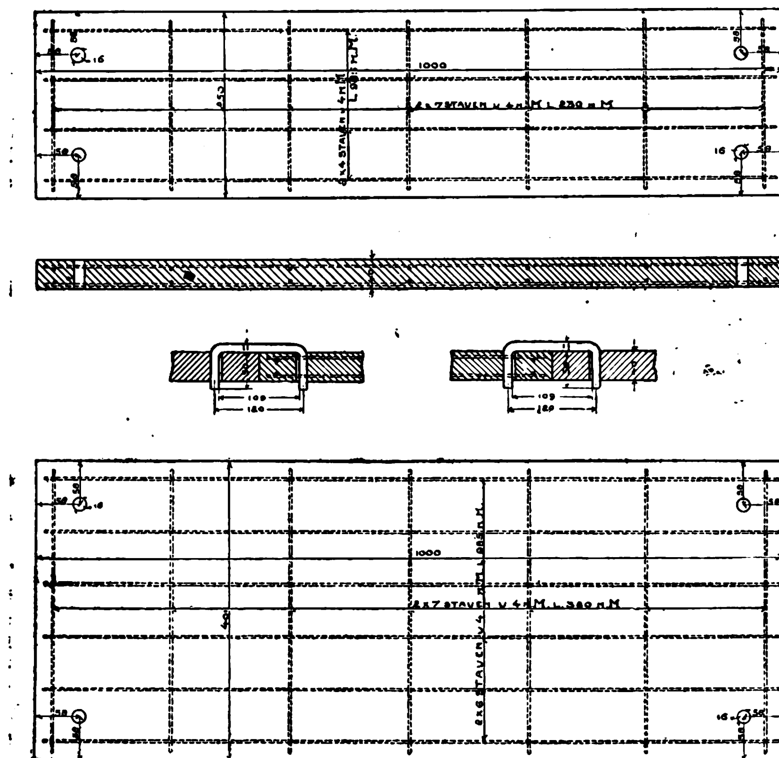


Fig. 1 à 5. — Vue en place, coupes et modes d'assemblage des plaques en ciment armé pour la protection des câbles.

qui mène les travaux aime mieux courir le risque d'une détérioration éventuelle que d'employer des méthodes par trop coûteuses pour préserver les câbles.

On ne saurait donc trop apprécier la valeur d'un recouvrement qui puisse protéger les câbles d'une façon satisfaisante, sans trop élever les frais d'installation; son choix est tout au moins aussi important que par exemple le choix du bon matériel isolant ou la qualité de l'installation. En effet, des détériorations extérieures sont plus souvent la cause des perturbations de l'ensemble des câbles que la mauvaise matière isolante ou la défectuosité de l'installation.

Quelles sont les exigences auxquelles une bonne fourrure doit satisfaire?

Les câbles doivent être préservés directement des coups de pioche, de pelle, etc. Les matériaux qui y résistent sont faciles à nommer, mais leur forme n'est pas toujours pratique. Il est nécessaire de faire remarquer, tout d'abord, que la meilleure fourrure n'est d'aucune valeur, lorsqu'elle se laisse trop facilement enlever et que, pour tout remettre dans l'état primitif, il faille vaincre de sérieuses difficultés. Par suite de travaux de terrassement, exigés par d'autres branches du service urbain, les câbles seront mis à jour et, échappant très souvent à la surveillance des intéressés, ne se trouveront donc pas du tout préservés. Le recouvrement ne doit pas non plus consister en matériaux pouvant faire l'affaire de gens peu scrupuleux et qui courent fort le risque d'être volés; enfin il doit servir à prévenir le terrassier; le recouvrement doit offrir une résistance qu'on ressent immédiatement sans être pourtant sérieusement endommagé.

Voici en résumé les méthodes de préservation les plus employées :

Couverture en briques. — Les briques se défont facilement et disparaissent généralement après les premières fouilles.

Les nombreuses jointures par mètre courant de tranchée sont autant d'endroits susceptibles d'être endommagés : les briques se cassent facilement au contact de la pioche et l'on néglige de les remplacer; d'ailleurs elles ne peuvent avertir le terrassier de la présence du câble, car il en rencontre à chaque instant dans la terre et n'y fait par conséquent pas attention. De plus, cette méthode n'est pas si bon marché qu'on pense.

Couverture de plaques en tôle ou en toile métallique. — Au point de vue mécanique, cette méthode peut être citée parmi les meilleures, mais elle est relativement coûteuse et pendant les travaux de déblai il arrive souvent qu'on vole les plaques ou la toile. Le fer, surtout la toile métallique, a le grand défaut d'être attaqué par les sels de la terre, et l'on ne peut l'enduire souvent de minium sans augmenter par trop les frais.

Couverture de planches en bois. — La ténacité du bois et l'élasticité des planches offrent une grande résistance à la pénétration des chevilles de fer. Mais le bois est cher, surtout quand on est forcé de l'enduire d'une épaisse couche de créosote, comme c'est le cas ici; d'ailleurs le bois peut être facilement volé et ne tarde pas d'habitude à disparaître.

Manchons en bois. — Ces manchons ont les mêmes inconvénients, qu'ils soient ou non remplis d'asphalte. La pose et l'ajustement des manchons augmentent encore les frais de ce système pour garantir les câbles, surtout à cause de la perte de temps qui en résulte pour les autres poseurs de câbles, et de l'arrêt auquel est condamné le reste du travail. Les planches latérales et celles qui forment le fond des manchons se disloquent facilement, quand on effectue des travaux de déblai.

Manchons en ciment ou en argile recuit. — Cette méthode est employée de différentes manières, particulièrement en Amérique. Elle est excessivement chère et impraticable pour des câbles d'où doivent partir plusieurs branchements; on est aussi obligé de détruire le manchon pour établir ou ajouter une nouvelle conduite, ce qui détermine de coûteuses réparations.

La recherche des vices de construction, le soudage, le montage et la pose sont rendus très difficiles; cette méthode n'est recommandable que pour les gros câbles de conduite principale, et dans les terrains où les affaissements ne sont pas à craindre. Pour tout autre montage, elle laisse à désirer et coûte trop cher.

Plaques en ciment armé. — Ce nouveau système est utilisé depuis 1903 par la ville d'Amsterdam; d'autres grandes villes l'ont ensuite adopté également. L'invention en est due au Service des Travaux électriques de la ville d'Amsterdam. Le brevet, qui porte le n° 375617, se trouve en la possession de la « Hollandsche Maatschappij tot het maken van werken in Gewapend Beton » (Société hollandaise pour des travaux en béton armé), Conradkade, 62, La Haye, qui fabrique ces plaques pour Amsterdam, ainsi que pour plusieurs autres villes.

L'emploi des plaques en ciment n'est pas nouveau; mais ces plaques présentent en général trop de fragilité pour qu'on puisse les travailler. Quant à l'emploi de la toile métallique, également connu, nous en avons indiqué plus haut les défauts. Une combinaison de ces deux systèmes pour protéger les câbles ne pouvait pas manquer d'être excellente. En effet, la plaque a dans ce cas la résistance du ciment en même temps que celle du fer qui est garanti en outre de la rouille.

Une innovation dans ce système est la façon de relier les plaques, ce qui se fait simplement à l'aide de crampons recourbés des deux côtés, ou ce qui peut avoir lieu d'une autre façon. C'est surtout en ceci que consiste la supériorité de ce système sur tous les autres, où tout ce qui protège les câbles se compose de parties isolées; on peut obtenir une série de plaques continue. En outre, il y a encore les avantages suivants :

1° La plaque de ciment armé possède une grande résistance à la pénétration des chevilles de fer enfoncées du dehors.

2° La plaque ne se rouille pas et reste en parfait état à n'importe quelle profondeur.

3° La pose et la jointure des plaques s'opèrent d'une façon extraordinairement rapide.

4° Les plaques peuvent se fabriquer chez les fournisseurs; leur transport est très facile et bon marché; la pose ne nécessite pas la présence coûteuse d'ouvriers spécialistes.

5° La plaque attire aussitôt l'attention du terrassier. On n'a presque jamais besoin de l'enlever; mais, si la nécessité s'en présente, on peut facilement la remettre en place.

6° Lorsqu'on enfonce des chevilles en fer avec une force tout exceptionnelle, à travers la plaque, de sorte que le câble est endommagé, la partie endommagée se fait aussitôt voir; la plaque traversée est la seule preuve indiscutable par laquelle on peut exiger des dommages-intérêts. En effet, il peut se faire que le court-circuit, qui suit la détérioration du câble, supprime toute preuve que le câble est endommagé par des causes extérieures.

Voici un aperçu rendant compte des frais de quelque

systèmes connus pour protéger les câbles, et ce qui permet de constater que la nouvelle méthode en question peut soutenir la concurrence avec les autres :

Système.	Largeur.	Frais par mètre non posé.	Frais par mètre posé.
	cm	fr	fr
Briques	22	0,34	0,41
	44	0,68	0,79
Planches en bois	25	1	1,04
	40	1,60	1,66
Plaques en tôle	25	2,70	2,80
	40	4,36	4,57
Plaques en ciment armé	25	0,87	1
	40	1,08	1,23

Depuis la première application de ce système en 1903-1904, la Hollandsche Maatschappij tot het maken van werken in Gewapend Beton a produit en tout 300000 plaques à protéger les câbles. Les industriels, qui emploient cette méthode, la considèrent comme la plus pratique de toutes et, après un premier essai, ils continuent de s'en servir.

Les figures 1 à 5 expliquent la construction des plaques. Celles-ci atteignent $0^m,25$ de largeur pour trois câbles au plus; pour cinq câbles au plus, leur largeur est de $0^m,40$. Elles se prêtent, par conséquent, à toute combinaison possible.

Les courbes se composent d'un petit nombre de coudes, dont deux suffisent en général. La figure 6 montre une tranchée très large pour la pose de 15 câbles rangés les uns à côté des autres et donne bien l'impression d'une construction solide et élégante.



Fig. 6. — Vue d'une tranchée avec plaques en ciment armé.

W.-C. VAN MANEN,
Ingénieur.

La Haye (Pays-Bas).

Sur l'ionisation de l'air par les canalisations électriques à haute tension, par L. HOULLEVIGUE (*Comptes rendus*, t. CXLVIII, 21 juin 1909, p. 1668). — Pour expliquer qu'un orage à grêle puisse être influencé par une canalisation électrique à haute tension, influence qui semble avoir été constatée dans un orage qui sévit le 26 juin 1908 dans le Vaucluse, M. Violle émettait l'hypothèse qu'une ligne à haute tension se comporte comme l'un des peignes d'une machine de Holz et donne lieu à des torrents d'ions qui s'élèvent en entraînant des charges électriques énormes. M. Houllevigue a voulu soumettre cette hypothèse au contrôle de l'expérience en mesurant le nombre d'ions que contient un certain volume d'air puisé dans le voisinage immédiat d'une ligne à haute tension et en le comparant au nombre trouvé avec de l'air puisé dans d'autres conditions.

L'appareil employé est celui de MM. Chéneveau et Laborde, constitué par un électroscope bien isolé relié à l'une des armatures d'un condensateur cylindrique, dans lequel on fait pénétrer, à l'aide d'une pompe aspirante, l'air à examiner. Sous l'influence du champ électrique produit par les armatures, les ions positifs sont précipités sur l'armature négative et inversement, de sorte que de la perte de charge des armatures on peut déduire la quantité d'ions précipités si l'on connaît la charge d'un ion ; cette quantité sera d'ailleurs celle des ions contenus dans le volume d'air traversant le condensateur si le débit de cet air est suffisamment lent pour que tous les ions soient précipités.

Si l'on désigne par C la capacité du condensateur, par v la variation de potentiel correspondant à 1 divi-

sion du micromètre sur lequel on lit le déplacement de la feuille d'aluminium de l'électroscope, par n la chute de cette feuille dans l'expérience de mesure exprimée en divisions du micromètre par minute, par n_0 la chute due à la déperdition spontanée, par V le nombre de centimètres cubes d'air admis par minute, enfin par q la charge d'un ion, le nombre d'ions contenus dans 1^{cm^3} de l'air étudié est donné par

$$N = \frac{C v (n - n_0)}{q V}.$$

D'après les constantes de l'appareil employé et en prenant $q = 3,4 \times 10^{-10}$ unité électrostatique, cette formule devient

$$N = 5,9 \times 10^7 \frac{n - n_0}{V}.$$

Des expériences préliminaires furent faites au laboratoire. En opérant avec de l'air capté à 3^{cm} de l'étincelle d'une bobine de Ruhmkorff, M. Houllevigue a trouvé $2,8 \times 10^5$ ions négatifs par centimètre cube; en captant l'air au même point que ci-dessus au moyen d'un tube de caoutchouc long de 5^m, il a obtenu $0,44 \times 10^5$ ions négatifs; enfin, en puisant l'air directement dans les allées de Meilhan, à Marseille, il a trouvé $0,16 \times 10^5$ ions négatifs et $0,20 \times 10^5$ ions positifs.

L'auteur a ensuite procédé à des mesures dans le voisinage de la ligne de transmission à 50000 volts La Brillanne-Allauch. Des expériences effectuées à l'air libre à 10^m environ au-dessous des fils puis à 200^m de la ligne ne donnèrent aucune différence appréciable. Pour éviter l'influence perturbatrice du vent et pour pouvoir se mettre beaucoup plus près des fils, M. Houllevigue opéra ensuite dans le poste d'Allauch où la tension des courants est abaissée de 50000 à 13000 volts. Les expériences faites dans la tourelle d'arrivée des fils, tourelle où se trouvent les limiteurs de tension, donnèrent $0,05 \times 10^5$ pour le nombre des ions positifs et celui des ions négatifs. D'autres expériences faites dans la grande salle des interrupteurs, l'air étant capté à 30^{cm} de l'un de ces appareils par un tube de caoutchouc, indiquèrent une absence complète d'ions positifs et d'ions négatifs; avec une prise directe à 1^m des interrupteurs, M. Houllevigue obtint $0,04 \times 10^5$ ions positifs et $0,05 \times 10^5$ ions négatifs. Quant aux mesures faites en plein air dans le voisinage du poste, elles indiquèrent $0,09 \times 10^5$ ions positifs et $0,07 \times 10^5$ ions négatifs.

Ainsi, conclut M. Houllevigue, le nombre des ions, positifs et négatifs, qui existent au voisinage de la canalisation étudiée est sensiblement nul, moindre en tous cas que dans la campagne voisine et surtout qu'à Marseille; loin de produire des ions, les canalisations à haute tension paraissent plutôt capter ceux qui existent dans l'air ambiant.

DISTRIBUTION.

La distribution de l'énergie électrique par les coopératives agricoles. — Beaucoup d'exploitations agricoles n'ont pas l'importance suffisante pour justifier la création d'une installation productrice d'électricité; souvent d'ailleurs la chute d'eau qui pourrait leur fournir l'énergie électrique à bon compte leur fait défaut.

Pour permettre à ces exploitations de profiter des avantages qu'elles peuvent retirer de l'application de l'électricité aux travaux agricoles et à l'éclairage de leurs locaux, plusieurs syndicats agricoles ont créé des sociétés coopératives chargées de la production de l'énergie électrique et de sa distribution à la clientèle. Cette clientèle peut d'ailleurs comprendre d'autres personnes que les syndicataires; dans ce cas, la société coopérative peut chercher à tirer bénéfice de la vente de l'énergie électrique; elle constitue alors une société commerciale ordinaire. Mais la clientèle peut aussi être limitée aux personnes ayant fondé la société coopérative, et, si celle-ci ne tire aucun bénéfice de ses installations, elle peut recevoir des encouragements du Ministère de l'Agriculture et en particulier du Service des améliorations agricoles.

Ce Service des améliorations agricoles a d'ailleurs voulu montrer par un exemple les résultats qu'on est en droit d'attendre du fonctionnement d'une coopérative agricole sans bénéfices. Dans ce but il a étudié, mis en route et subventionné un groupement coopératif de l'Aisne : la Société de Maison-Neuve. Cette société, anonyme et coopérative, à capital et personnel variables, fut fondée en 1905 au capital de 10000^{fr} en vue de l'utilisation d'une chute de l'Oise et de la distribution de l'énergie entre ses membres à un prix tel qu'il ne reste aucun bénéfice, sauf création d'un capital de réserve. La vente se fait à forfait et au compteur pour l'éclairage, et au compteur seulement pour la force motrice. Les tarifs à forfait pour l'éclairage sont : 16^{fr} par an pour une lampe de 16 bougies, 11^{fr} pour une lampe de 10 bougies, $5^{fr},50$ pour une lampe de 5 bougies. Les tarifs de vente au compteur sont : $0^{fr},38$ le kilowatt-heure pour l'éclairage, $0^{fr},18$ le kilowatt-heure pour la force motrice.

D'après M. Petit, ingénieur agronome, qui vient de faire paraître un Livre auquel nous empruntons ces renseignements [1], cette installation fonctionne d'une façon absolument satisfaisante et les prix de vente sont très notablement inférieurs à ceux établis par les concessionnaires des réseaux de distribution voisins.

[1] *Électricité agricole*, p. 405.

APPLICATIONS MÉCANIQUES.

MOTEURS.

Sur le calcul prédéterminatif des moteurs monophasés à collecteur (suite de la p. 100). — VI. LE MOTEUR A RÉPULSION NON COMPENSÉ. — Le moteur à répulsion se distingue du moteur série par son induit qui, au lieu d'être alimenté par le courant principal, est mis en court-circuit.

Le courant dans l'armature est donc engendré par induction, d'où l'avantage de pouvoir choisir la tension dans le rotor (tension secondaire) tout à fait indépendamment de la tension primaire.

L'axe de l'armature correspondant exactement avec l'axe du champ primaire $\overline{\Phi_1}$, il ne pourra pas exister de moment de torsion et nous serons obligés d'introduire un champ excitateur spécial $\overline{\Phi_2}$ perpendiculairement à l'axe de l'armature. Ceci peut s'obtenir de deux manières différentes :

1° En décalant les balais par rapport au champ principal (*fig.* 15), le champ secondaire est alors produit

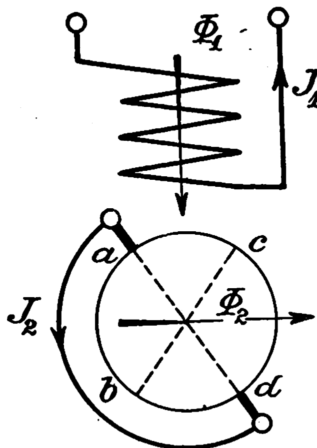


Fig. 15.

par l'enroulement *ac* et *bd* (*fig.* 17), tandis que les fils placés entre *ab* et *cd* jouent le rôle d'un transformateur;

2° En utilisant un enroulement de champ spécial (*fig.* 16).

La première solution est à préférer, car elle est non seulement plus simple par elle-même, mais possède encore l'avantage de donner un décalage de phase plus petit entre le courant et la tension. Nous ne nous occuperons donc dans ce qui suit que de cette solution, en utilisant la même notation que précédemment et pour les nouvelles grandeurs :

E_1, tension primaire effective aux bornes;
E_2, tension secondaire aux balais;
I_0, courant primaire de magnétisation;
I_1, courant primaire effectif;
I_2, courant secondaire effectif (courant de l'induit);
$\overline{B_1}$, flux spécifique maximum du champ primaire dans l'entrefer;
$\overline{B_2}$, flux spécifique maximum du champ secondaire dans l'entrefer;
c_1, nombre de périodes du courant primaire;
$c_2 = \frac{pn}{120}$, nombre de périodes du courant secondaire;
$100\varepsilon_1$, chute de tension en pour 100 dans l'enroulement primaire.

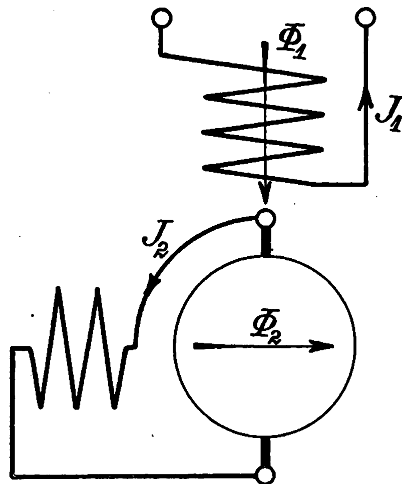


Fig. 16.

Afin d'arriver à des formules simples et facilement applicables en pratique, nous adopterons que l'angle compris entre les balais et l'axe du champ primaire est égal au demi-angle non bobiné du pourtour polaire. Nous pouvons alors établir les formules suivantes, facilement contrôlables :

A. *Intensités de champ.* — *Champ primaire.* — Flux spécifique maximum dans l'entrefer :

$$(1) \qquad \overline{B_1} = \sqrt{2}\,\frac{4\pi}{10}\,\frac{I_0 N_1}{p}\,\frac{1}{2\delta\alpha}.$$

Flux total :

$$(2) \qquad \overline{\Phi_1} = (1-0{,}5\beta)\overline{B_1}\,bl\rho = 2{,}8(1-0{,}5\beta)\,\frac{I_0 N_1 D l\rho}{\delta\alpha p^2}.$$

Champ secondaire. — Flux spécifique maximum dans l'entrefer :

$$(3) \qquad \overline{B_2} = \sqrt{2}\,\frac{4\pi}{10}\,\frac{I_2 N_2}{pp_2}\left(\frac{1-\beta}{2\delta\alpha}\right).$$

Flux total :

$$(4) \qquad \overline{\Phi_2} = \frac{(1+\beta)}{2}\overline{B_2}\,bl\rho = 1{,}4(1-\beta^2)\,\frac{I_2 N_2 D l\rho}{\delta\alpha p^2 p_2}.$$

4...

B. *Forces électromotrices.* — *Force électromotrice primaire :*

(5) $$E_1 = 2{,}98 \frac{c_1 \overline{\Phi_1} N_1}{10^8} \frac{1{,}5 - \beta}{2 - \beta} (1 + \varepsilon_1),$$

ou bien, en introduisant dans cette équation pour $\overline{\Phi_1}$ la valeur tirée de (2),

(6) $$I_0 = \frac{E_1 . 10^8 \delta \alpha p^2}{4{,}15 c_1 N_1^2 D l \rho (1{,}5 - \beta) \varepsilon_1}.$$

Forces électromotrices secondaires. — Nous avons à considérer ici quatre forces électromotrices, savoir :

1° La force électromotrice E_2 induite par le champ primaire Φ_1 ;

2° La force électromotrice E_r due à la rotation de l'induit dans le champ primaire;

3° La force électromotrice E'_r engendrée par la rotation de l'induit dans le champ secondaire Φ_2 ;

4° La force électromotrice de self-induction E_s dans l'induit, due à l'action du champ transversal (champ secondaire) $\overline{\Phi_2}$.

Ces forces électromotrices se calculent au moyen des équations suivantes :

(7) $$E_2 = \frac{\beta}{(1 + \varepsilon_1)} \frac{N_2}{N_1} \frac{E_1}{p_2} = \frac{2{,}98}{10^8} \frac{c_1 \overline{\Phi_1} N_2}{p_2} \frac{(1{,}5 - \beta)\beta}{(2 - \beta)},$$

(8) $$E_r = \frac{2{,}84}{10^8} \frac{c_2 \overline{\Phi_1} N_2}{p_2} \frac{(1 - \beta)}{(2 - \beta)},$$

(9) $$E'_r = \frac{2{,}84}{10^8} \frac{c_1 \overline{\Phi_2} N_2}{p_2} \frac{\beta}{(1 + \beta)},$$

(10) $$E_s = \frac{1{,}48}{10^8} \frac{c_1 \overline{\Phi_2} N_2}{p_2} \frac{(1 - \beta)(1 + 2\beta)}{(1 + \beta)}.$$

Entre ces quatre forces électromotrices existe une relation bien déterminée, indiquée clairement par le diagramme du transformateur (*fig.* 18). Toutefois, celui-ci différera du diagramme ordinaire pour enroulements fixes, en ceci que nous devions encore y introduire les forces électromotrices E_r et E'_r engendrées par la rotation de l'induit. E_r se combine à angle droit avec la tension secondaire E_2 et produit un assez grand décalage positif, donc une amélioration du $\cos\varphi$; la tension E'_r, par contre, a même direction que le courant secondaire I_2.

Afin de parvenir à des formules pratiques, nous admettrons dans la suite certaines égalités qui, du reste, coïncident très bien avec la pratique et simplifient énormément le calcul.

Comme on sait, le moteur à répulsion travaille le plus favorablement au voisinage du synchronisme; nous écrirons donc *a priori*

$$c_2 = c_1.$$

En faisant ensuite coïncider en direction I_2 et E_2, nous aurons

$$E_r = E_s$$

et

$$E_2 = E'_r;$$

d'où

$$\frac{E_r}{E_2} = \frac{E_s}{E'_r}.$$

En introduisant ici les valeurs de E_r, E_2, E_s et E'_r tirées

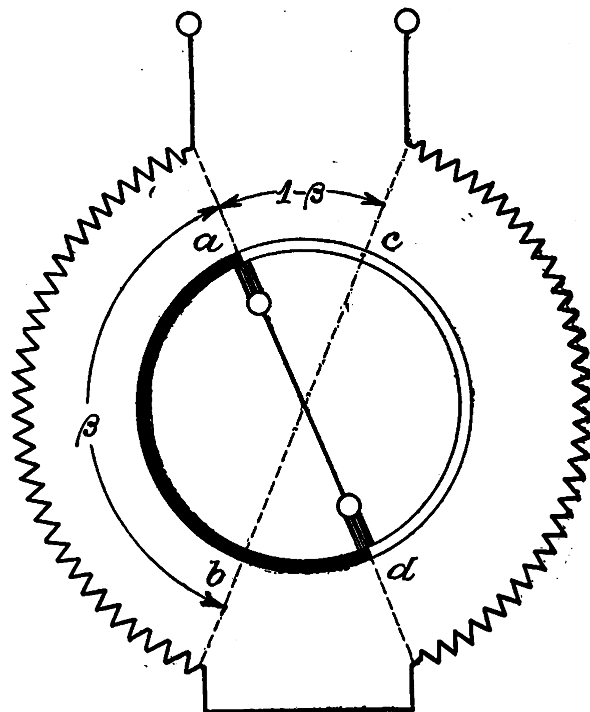


Fig. 17.

des équations (7) à (10) nous aurons, en effectuant,

$$\beta = 0{,}8, \qquad \overline{\Phi_2} \text{ approx.} = 1{,}05 \overline{\Phi_1},$$

puis

(11) $$E'_r = E_2 = \frac{1{,}32 c_1 \overline{\Phi_2} N_2}{10^8 p_2};$$

en multipliant de chaque côté par (4), il vient

(12) $$E'_r = \frac{0{,}665}{10^8} \frac{c_1 N_2^2 I_2 D l \rho}{\delta \alpha p^2 p_2^2} = E_2.$$

Remarque. — Nous faisions remarquer, plus haut, que le moteur à répulsion travaille le plus favorablement au voisinage du synchronisme. Comme $\overline{\Phi_2}$ et $\overline{\Phi_1}$ diffèrent très peu l'un de l'autre et sont décalés de 90° l'un par rapport à l'autre, il en résulte un champ tournant en synchronisme avec la rotation de l'induit. Ce champ n'agira donc pas sur les bobines en court-circuit et de plus les pertes dans le fer de l'induit seront nulles.

D. *Dimensions et enroulements de l'induit.* — L'équation (12) peut servir directement pour déterminer les dimensions de l'induit. Le courant de l'armature ayant,

d'après ce que nous avons admis, même direction que la tension secondaire, la *puissance* fournie par le moteur sera évidemment $E_2 \times I_2$ fois le rendement η, mais, d'un autre côté,

(13) $$E_2 I_2 = \frac{736 P}{\eta}.$$

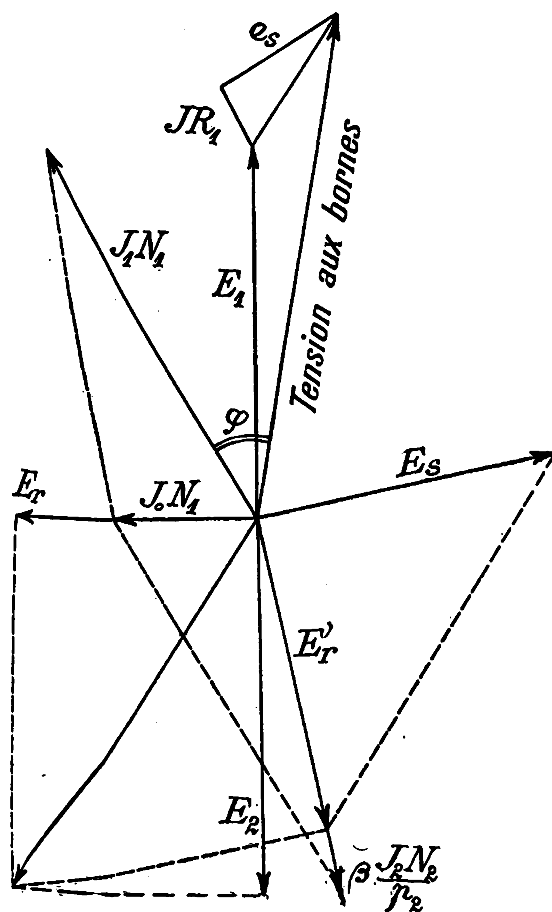


Fig. 18.

Multiplions de part et d'autre de l'équation (12) par $\frac{I_2 \eta}{736}$ et introduisons comme précédemment

$$\frac{I_2 N_2}{p_2} = KD$$

et

$$l = \lambda D;$$

nous aurons, en effectuant,

(14) $$D = 10 \sqrt[4]{1110.10^4 \frac{P \delta \alpha p^2}{\eta c_1 \lambda k^2 \rho}}.$$

Nous ferons ici une remarque : nous avons prétendu plus haut que les rapports de tension et de courant, dans le moteur à répulsion, pouvaient être adoptés absolument quelconques : ceci n'est entendu évidemment que conditionnellement, car plus I_2 sera choisi petit, plus E_2 atteindra une valeur élevée. Cette dernière grandeur étant en rapport direct avec la tension lamellaire e_k, il est urgent de déterminer tout d'abord comment e_k varie en fonction de E_2.

Il ne nous importe surtout ici que de connaître la valeur de e_k au démarrage en pleine charge, car la tension lamellaire diminue lorsque le nombre de tours augmente, tout au moins jusqu'au synchronisme. Pour ce cas, nous aurons

$$e_k = \frac{2,22}{10^8} \frac{N_2}{N_k} \frac{p}{p_2} c_1 \overline{\Phi}_2 \mu,$$

ou bien, en y introduisant la valeur de $c_1 N_2 \overline{\Phi}_2$ tirée de (11),

(15) $$e_k = 1,67 \frac{p E_2}{N_k} \mu.$$

Il sera profitable, tout de suite après avoir déterminé les dimensions de l'induit, d'admettre provisoirement le diamètre du collecteur et le nombre de lamelles et de déterminer ensuite, au moyen de l'équation (15), la tension secondaire E_2 maximum admissible. Il sera facile ensuite de déterminer le courant secondaire I_2, au moyen de l'équation (13), puis le nombre de conducteurs N_2. Naturellement, on devra vérifier si celui-ci est combinable avec le nombre de lamelles adopté.

E. *Dimensions du collecteur.* — *Diamètre du collecteur :*

(16) $$D_2 = \frac{\gamma_2 N_k}{\pi}.$$

Longueur utile du collecteur (pour un nombre de points d'alimentation égal au nombre de pôles) :

(17) $$l_2 = \frac{2 I_2}{\gamma i p}.$$

F. *Enroulement du champ primaire et flux.* — Nombre de fils primaires [d'après l'équation (7)] :

$$N_1 = \frac{0,8}{1+\varepsilon} \frac{E_1}{p_2 E_2} N_2.$$

Remarque. — Rigoureusement, nous devrions tenir compte, pour le calcul du nombre de fils primaires N_1, de la démagnétisation partielle du champ primaire due à l'influence du courant de court-circuit. Pour ne pas compliquer le calcul, nous en tiendrons compte en adoptant pour N_1 une valeur de 6 à 10 pour 100 plus petite que celle fournie par l'équation (7).

Flux maximum d'après l'équation (7) :

$$\overline{\Phi}_1 = \frac{E_1 . 10^8}{1,74 c_1 N_1} = \frac{p_2 E_2 . 10^8}{1,39 c_1 N_2}.$$

G. *Décalage de phase entre* I_1 et E_1. — Pour la déduction des formules précédentes, nous sommes partis de cette hypothèse que E_r et E_2 coïncident. I_2 prendra donc aussi la même direction que E_2 (*fig.* 19) et nous

écrirons comme première approximation, en négligeant la dispersion,

$$\cos\varphi = \cos\alpha = \frac{\frac{\beta I_2 N_2}{p_2}}{\sqrt{\left(\frac{\beta I_2 N_2}{p_2}\right)^2 + (I_0 N_1)^2}},$$

ou bien

$$(18) \qquad \cos\varphi = \cos\alpha = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{I_0}{I_2}\frac{N_1 p_2}{\beta N_2}\right)^2}}.$$

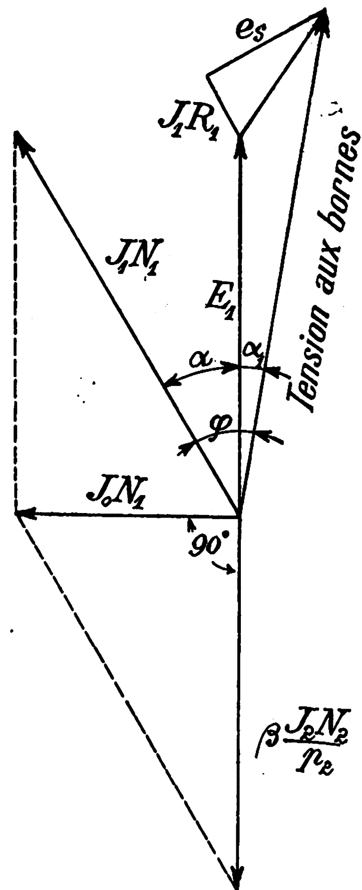


Fig. 19.

Mais d'après (7) nous avons, en négligeant la perte ohmique,

$$\frac{\beta N_2}{N_1 p_2} = \frac{E_2}{E_1},$$

et l'équation (18) devient

$$(19) \qquad \cos\varphi = \cos\alpha = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{I_0}{I_2}\frac{E_1}{E_2}\right)^2}}.$$

Cette équation doit être corrigée. En général, la tension de dispersion $e_s = (\nu_1 - 1)E_1$ est assez grande et ne peut plus être négligée. Plus exactement, nous aurons

$$\cos\varphi = \cos(\alpha + \alpha_1)$$
$$= \cos\alpha\left[\sqrt{1 - (\nu_1 - 1)\cos^2\alpha} - (\nu_1 - 1)\sqrt{1 - \cos^2\alpha}\right],$$

ou en simplifiant

$$(20) \qquad \cos\varphi = \cos\alpha\left[1 - (\nu_1 - 1)\sqrt{1 - \cos^2\alpha}\right],$$

dans laquelle nous introduirons pour $\cos\alpha$ la valeur obtenue dans (19).

Exemple pratique. — Soit à construire un moteur à répulsion à 6 pôles, 35 chevaux à 800 tours, 40 périodes et 240 volts :

$$\cos\varphi = 0,9 \quad \text{(adopté)}, \qquad \eta = 0,86.$$

Comme bases du calcul, nous adopterons les valeurs suivantes :

$$p_2 = p = 6, \qquad \lambda = 0,4,$$
$$\delta = 0^{cm},075, \qquad \rho = 0,7,$$
$$\alpha = 1,2, \qquad K = 550;$$

et nous aurons :

A. *Dimensions et enroulement de l'induit.* — *Diamètre* d'après l'équation (14) :

$$D = 10\sqrt[4]{1110.10^4\frac{P\delta\alpha p^2}{\eta c_1 \lambda K^2 \rho}}$$
$$= 10\sqrt[4]{1110.10^4\frac{35.0,075.1,2.36}{0,86.40.0,4.570^2.0,7}} = \mathbf{46^{cm}}.$$

Longueur de l'armature :

$$l = \lambda D = 0,4.46 = \mathbf{18^{cm},5}.$$

Afin d'évaluer la valeur de la tension secondaire, nous adopterons provisoirement le *diamètre du collecteur :* $D_2 = 38^{cm}$ correspondant à une vitesse circonférentielle d'environ 16^m. Adoptant l'épaisseur d'une lamelle $0^{cm},51$, *le nombre de lamelles sera*

$$N_k = \frac{38\pi}{0,51} = \mathbf{234}.$$

Posons ensuite la *tension lamellaire admissible* e_k égale à 8 volts.

En admettant que les connexions entre l'armature et le collecteur sont faites avec du fil de résistance et qu'un balai couvre deux lamelles du collecteur, donc

$$\mu = 2,$$

nous aurons, d'après (15),

$$E_2 = \frac{N_k e_k}{1,67 p\mu} = \frac{234.8}{1,67.6.2} = \mathbf{92,5} \text{ volts}$$

et, d'après l'équation (13),

$$I_2 = \frac{736 P}{\eta E_2} = \frac{736.35}{0,86.92,5} = \mathbf{324} \text{ ampères};$$

donc

$$N_2 = \frac{p_2 KD}{I_2} = \frac{6.550.46}{324} = 468.$$

L'enroulement de l'induit peut être placé dans 78 rainures à 6 fils chacune (*fig.* 20).

Dimensions du fil : $1,5 \times 10^{mm}$ nu et $2,2 \times 10^{mm},7$ isolé (3,6 amp.: mm²).

Dimensions des rainures : $8,5 \times 28^{mm}$. Ces dimensions seront encore à contrôler constructivement.

B. *Dimensions du collecteur.* — *Diamètre* (adopté antérieurement) : $D_2 = 38^{cm}$. Épaisseur des balais : $\gamma = 1^{cm}$; densité de courant dans les balais : $i = 8$ amp : cm²; d'où *longueur utile du collecteur :*

$$l_2 = \frac{2 I_2}{\gamma i p} = \frac{2.324}{1.8.6} = 13^{cm},5.$$

Calcul des résistances de connexion. — Sous la condition que le courant de court-circuit ne doit pas

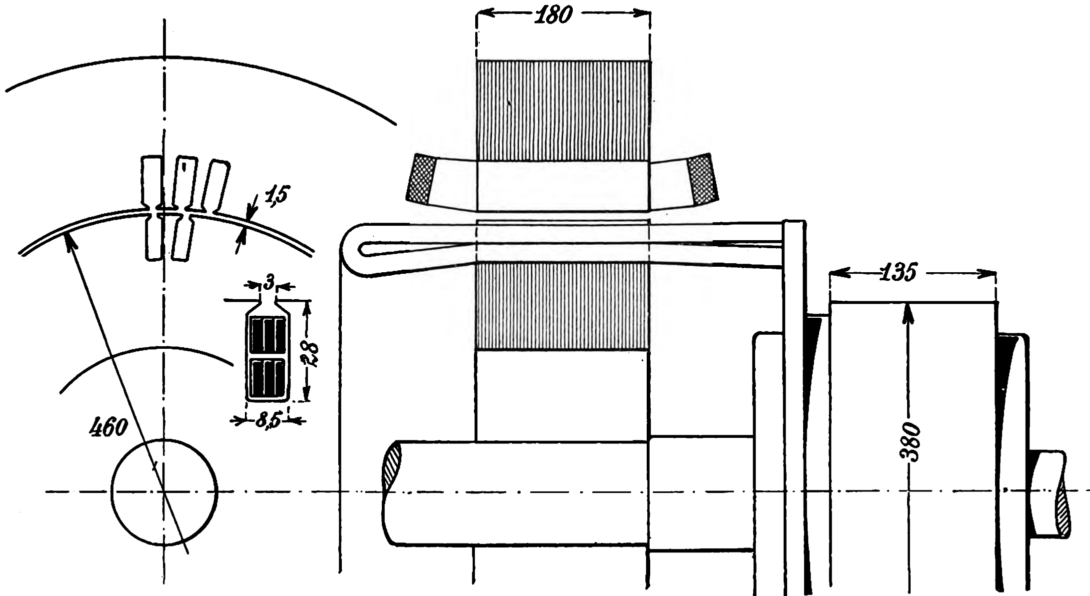


Fig. 20.

dépasser la valeur du courant normal, l'équation (3) du Chapitre IV fournit, en introduisant E_2 au lieu de E,

$$\varepsilon = (e_k - 2)\frac{2 p_2}{\mu p E_2} = (8-2)\frac{2.6}{2.6.92,5} = 0,065,$$

c'est-à-dire 6,5 pour 100 de la tension seront absorbés par les résistances de connexions.

Bien que cette perte ne dure qu'un court instant et retombe ensuite aux $\frac{2}{3}$, le rendement du moteur serait influencé défavorablement. Nous serons donc contraints d'admettre un courant de court-circuit plus intense.

Adoptons, par exemple, $\varepsilon = 0,04$; il vient

$$R_4 = \frac{\mu p}{4 I}\varepsilon E = \frac{2.6}{4.324} 0,04.92,5 = 0,0342.$$

Nous tiendrons compte encore de la self-induction. Celle-ci est approximativement, d'après le Chapitre IV(C),

$$\frac{0,2}{10^8}\frac{N_2^2}{N_k} l n = \frac{0,2}{10^8}\frac{504^2}{252} 19,5.800 = 0,032.$$

La résistance *apparente* atteint, par suite, comme valeur

$$2 R'_4 = \sqrt{(2.0,0342)^2 + \overline{0,032}^2} = 0,075,$$

au lieu de

$$0,11 \quad \text{pour} \quad \varepsilon = 0,065,$$

et le courant de court-circuit atteindra $\frac{0,11}{0,075} = 1,47$ fois la valeur du courant normal.

C. *Enroulement primaire et flux.* — L'équation (7) fournit : *nombre de fils primaires.*

$$N_1 = \frac{0,8}{(1+\varepsilon_1)p_2}\frac{E_1}{E_2} N_2 = \frac{0,8}{1,05.6}\frac{240}{92,5} 468 = 154;$$

nous admettrons, comme nous l'avons expliqué plus haut,

$$N_1 = 0,93.154 = \mathbf{144}.$$

Flux primaire [équation (7)], y compris le flux de dispersion :

$$\overline{\Phi_1} = \frac{E_1 . 10^8}{1,74(1+\varepsilon_1)c_1 N_1} = \frac{240.10^8}{1,74.1,05.40.144} = \mathbf{2,29.10^6}.$$

4 ...

D. *Décalage de phase entre* I_1 et E_1. — Avant de déterminer ce décalage, il nous faut connaître le courant d'excitation I_0. Celui-ci est donné par l'équation (6),

$$I_0 = \frac{E_1 . 10^8 \delta \alpha p^2}{4,15 c_1 N_1^2 D l \rho (1,5 - \beta) \nu_1}$$

$$= \frac{240 . 10^8 . 0,075 . 1,2 . 6^2}{4,15 . 40 . 144^2 . 46 . 18,5 . 0,7 (1,5 - 0,8) 1,1} \mathbf{49,3} \text{ amp.},$$

et nous aurions comme première approximation, d'après l'équation (19),

$$\cos \varphi = \cos \alpha = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{I_0}{I_2} \frac{E_1}{E_2}\right)^2}}$$

$$= \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{49,3 . 240}{324 . 92,5}\right)^2}} = 0,93,$$

et, ensuite, de l'équation (20) nous tirons

$$\cos \varphi = \cos \alpha \left[1 - (\nu_1 - 1) \sqrt{1 - \cos^2 \alpha}\right]$$

$$= 0,93 \left[1 - (1,1 - 1) \sqrt{1 - \overline{0,93}^2}\right] = \mathbf{0,9}.$$

VII. Le moteur série et le moteur a répulsion comparés. — Nous avons vu précédemment que la marche du *moteur à répulsion* est d'autant plus favorable que l'on se rapproche plus du synchronisme, tandis que, pour un nombre de tours supérieur, la production d'étincelles croît rapidement. Inversement, *le moteur série* travaille d'autant mieux que le rapport $\frac{c_2}{c_1}$ est plus grand; son emploi sera donc tout indiqué pour les petits nombres de périodes, et il permettra une plus grande liberté dans le choix du nombre de pôles que le moteur à répulsion.

Soit, par exemple, à construire un moteur pour 1100 tours et 15 périodes; son exécution comme moteur à répulsion sera absolument impossible, puisque, même dans une disposition bipolaire, le nombre de tours synchrone ne serait que 900; sans nous occuper de la formation d'étincelles, nous obtiendrions, pour le flux et les dimensions du collecteur, des valeurs tout à fait anormales. La seule solution possible sera donc d'exécuter le moteur avec enroulement série.

Mais il peut arriver aussi qu'en adoptant un moteur série la tension lamellaire dépasse la valeur admissible; dans ce cas, si la tension aux bornes ne peut pas être adoptée plus faible, il faudra exécuter le moteur comme moteur à répulsion; les deux systèmes ne sont donc nullement en opposition, comme on pourrait le croire; bien au contraire, ils se complètent l'un l'autre, aussitôt que, pour une raison quelconque, l'emploi de l'un de ces deux types est limité.

Il serait donc parfaitement erroné de vouloir peser et comparer les qualités caractéristiques de chacun de ces types l'un par rapport à l'autre.

Évidemment, le cas peut se présenter où les deux systèmes pourront également bien s'appliquer aux conditions posées de tension et de nombre de tours, et l'on pourra choisir librement l'un ou l'autre de ces deux types. Il sera alors intéressant d'étudier comparativement les deux moteurs au point de vue de leurs dimensions. Les équations (14) des Chapitres II et VI nous renseigneront parfaitement à ce sujet.

Adoptons, par exemple, comme bases du calcul,

$$\cos \varphi = 0,9, \qquad \frac{np}{120} = c_2 = c_1, \qquad \beta = 0,8;$$

le diamètre de l'induit sera, pour le *moteur série,*

$$D = 10 \sqrt[4]{850 \frac{P}{c_1} \frac{\delta \alpha p^2}{\eta \lambda K^2 \rho}}$$

et, pour le *moteur à répulsion,*

$$D = 10 \sqrt[4]{1110 \frac{P}{c_1} \frac{\delta \alpha p^2}{\eta \lambda K^2 \rho}}.$$

Pour les mêmes nombres de pôles et de tours, entrefer et densité de courant identiques, le diamètre et la longueur seront de 7 pour 100 plus élevés dans le moteur à répulsion que dans le moteur série. En réalité, cet avantage apparent du moteur série est largement compensé par ce fait que le moteur doit être muni d'un enroulement de compensation, occupant une assez grande place, ce qui nous obligera déjà à adopter pour K un coefficient plus petit que pour le moteur à répulsion; la différence trouvée plus haut en sera d'autant diminuée.

De plus, le moteur à répulsion possède sur le moteur série les avantages suivants :

1° Le réglage du nombre de tours s'effectue dans d'assez grandes limites simplement par le décalage des balais;

2° Il est moins sensible aux variations de charge.

Alors que, complètement à vide, le moteur série *s'emballe*, le nombre de tours du moteur à répulsion ne dépasse pas un certain maximum facile à déterminer au moyen des équations (7) à (10), Chapitre VI.

Pour changer le sens de rotation d'un moteur série, il suffit de changer la direction du courant soit dans l'induit, soit dans les électros.

Dans le moteur à répulsion, le même but peut être atteint de deux manières différentes :

1° En intervertissant la position des balais par rapport à l'axe polaire;

2° En faisant tourner l'axe polaire par rapport à une position fixe des balais.

Dans ce but, les balais sont placés exactement dans l'axe primaire du champ et l'on introduit, dans les rainures vides, un enroulement supplémentaire parcouru par le courant primaire, dans l'une ou l'autre direction; l'axe polaire se déplace ainsi de toute la largeur de cet enroulement auxiliaire, ou bien par rapport aux balais de la moitié de l'angle couvert par cet enroulement.

J. Fischer-Hinnen,
Ingénieur, à Œrlikon.

MACHINES DIVERSES.

Petite fraiseuse portative pour collecteurs. — Pour obtenir un bon contact entre les balais et le collecteur d'une machine électrique, il est nécessaire que les couches d'isolation interposées entre les segments du collecteur soient légèrement enfoncées par rapport aux segments mêmes. Il peut arriver toutefois qu'avec le temps l'isolation devienne saillante, soit que le cuivre se soit usé plus rapidement que l'isolation ou que celle-ci se soit dilatée sous l'action de la chaleur ou de l'humidité. On remédie généralement à cela par un rabotage, fraisage, limage, grattage, etc., de l'isolation. Ce travail se fait très commodément au moyen de la petite fraiseuse transportable construite par les Ateliers de construction Œrlikon (Brevet allemand, n° 211425).

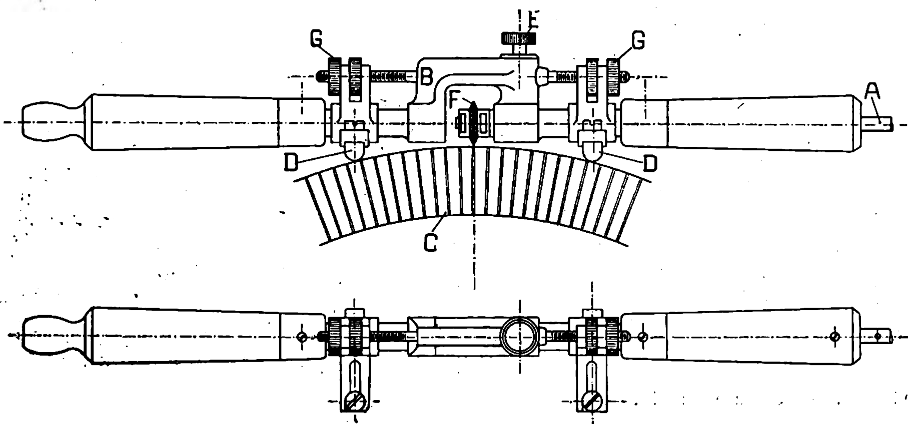


Fig. 1 et 2. — Petite fraiseuse portative pour collecteurs.

L'appareil, que représentent les figures ci-jointes, se compose d'un étrier de bronze B manié par deux poignées. Une petite fraise F est montée dans cet étrier et actionnée au moyen d'un arbre A passant par la poignée droite. L'appareil repose sur le collecteur C au moyen de deux supports D dont la distance réciproque pourra être réglée au moyen des vis G. Ce dispositif permet de régler la profondeur de la rainure creusée par la fraise. Afin que l'appareil puisse être employé pour des collecteurs de différents diamètres, ces supports D sont interchangeables et l'on détermine leur hauteur suivant le diamètre du collecteur. La hauteur de ces petites pièces varie de 4^{mm} pour les collecteurs de 900^{mm} à 1200^{mm} de diamètre, à 19^{mm} pour ceux de 100^{mm} à 160^{mm} de diamètre. Le poids de l'appareil, l'arbre télescopique compris, est de $1^{kg},5$.

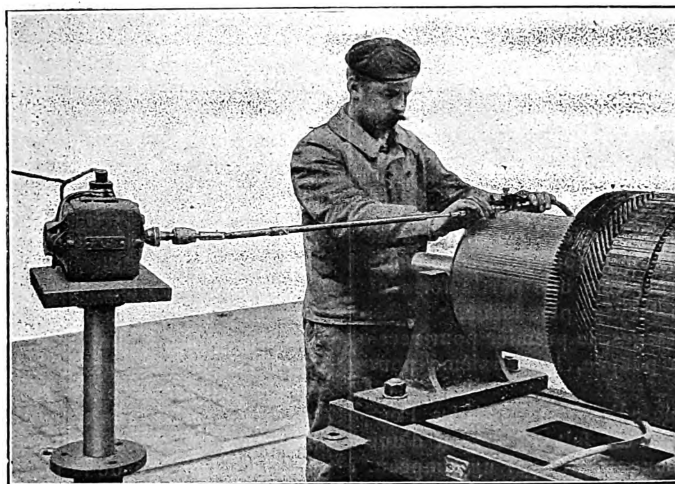


Fig. 3. — Petite fraiseuse portative pour collecteurs en service.

La fraise, qui fait environ 700 tours par minute, est

actionnée par un petit électromoteur d'environ $\frac{1}{8}$ de cheval par l'entremise d'un arbre télescopique d'une longueur variable de 500mm à 800mm et muni de joints Cardan. La poignée gauche est traversée par un tube permettant de relier l'appareil à un aspirateur et d'enlever ainsi au fur et à mesure la poussière produite par le fraisage. La vis E sert au graissage de l'arbre A.

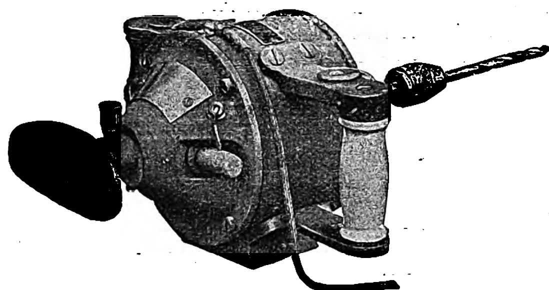


Fig. 4. — Perceuse à main.

Suivant le courant à disposition, on peut employer pour la commande de l'appareil un des moteurs de perceuses à mains types K 2 (courant continu) ou J 349 (courant triphasé) que construisent les Ateliers Œrlikon. Il suffit de fixer l'un des bouts de l'arbre télescopique dans le manchon pour foret dont est muni le moteur (*fig.* 3). Lorsque le moteur n'est pas employé pour la commande de la fraiseuse, on peut donc aussi l'employer comme perceuse à main portative, soit avec plaque cintrée pour l'appui de la poitrine, soit fixé à un support à plateau mobile.

Cabestan électrique Westinghouse (Type C). — Ce cabestan se compose : d'une cuve en fonte; d'un plateau portant la poupée, l'arbre et la roue d'engrenages, et muni d'une trappe de visite; d'un moteur électrique; d'un appareil de mise en marche.

Cuve. — La cuve est en fonte de première qualité; elle est parfaitement étanche. Le fond est prévu avec une pente douce pour faciliter l'écoulement de l'huile qui pourrait fuir du moteur, vers une partie formant réservoir, ce qui rend le nettoyage plus facile.

La cuve porte deux dressages, le premier pour recevoir le plateau portant la poupée, le deuxième pour recevoir le moteur.

Sur l'un des côtés est placée l'arrivée des câbles. Pour obtenir l'étanchéité, le joint est fait au moyen d'une douille conique en caoutchouc pressée par un chapeau.

La profondeur de la cuve au-dessous du sol est de 950mm, sa largeur de 950mm et sa longueur de 1m,800.

Plateau porte-poupée. — Le plateau est en fonte, fixé à la cuve au moyen de robustes boulons à tête noyée et écrous en bronze; il supporte l'arbre de commande au moyen de deux paliers venus de fonte avec lui.

Les coussinets sont en bronze et peuvent être démontés, le supérieur par en haut, l'inférieur par en bas.

L'engrenage de commande est en acier à denture droite, emmanchement conique et écrou pour le démontage.

L'arbre est en acier forgé avec portées très larges et éloignées; il porte à sa partie supérieure un collet très robuste, porteur de l'ensemble (poupée, arbre et engrenage).

La poupée est en fonte, montée sur l'arbre avec clavette et emmanchement cylindrique, retenue par un écrou. Elle porte à sa partie supérieure un chapeau à recouvrement extérieur pour éviter l'introduction d'eau; sur demande, des trous peuvent être prévus à sa partie supérieure pour emmancher des barres de bois pour la manœuvre à bras.

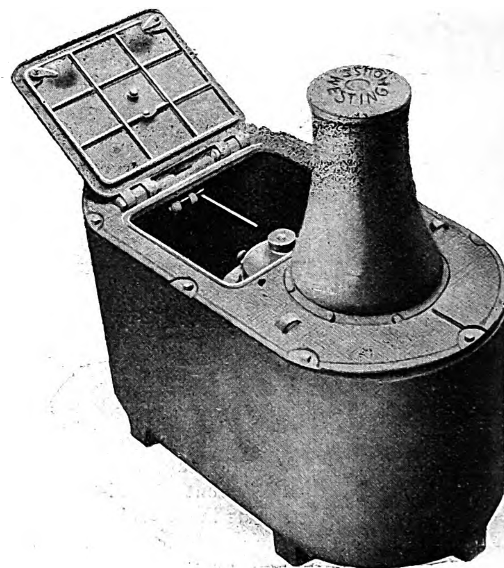


Fig. 1. — Cabestan avec trappe ouverte.

Les parois de la poupée, à l'endroit de l'enroulement du câble, sont renforcées pour permettre la rectification.

Les profils et dimensions de la poupée sont établis suivant les conditions d'emploi.

La trappe est à charnières, en acier coulé nervuré, pour lui donner une grande résistance. Elle vient reposer sur un dressage du plateau. Pour obtenir une étanchéité parfaite, la trappe porte une rainure garnie de cuir dans laquelle vient s'encastrer le cadre du plateau. La fermeture de la trappe se fait au moyen d'un loquet manœuvrable de l'extérieur avec une clé spéciale, la position d'ouverture du loquet étant indiquée à l'extérieur par un repère.

Sur cette trappe est fixée la pédale de manœuvre commandant, par renvoi de mouvement, l'interrupteur de mise en marche.

Moteur électrique. — Le moteur est du type à axe vertical reposant, par des pattes venues de fonte avec la partie intérieure de la carcasse, sur le cadre à glissières de la cuve où il est fixé solidement par des boulons.

Il peut être prévu pour fonctionner sous courant

continu ou courant alternatif triphasé. Les tensions normales sont 110, 220, 440 et 550 volts.

1° *Moteur courant continu.* — La carcasse est en fonte de première qualité, saine et sans soufflure. Les pôles en tôle d'acier y sont rapportés et solidement boulonnés. Les bobines inductrices sont constituées par des fils de cuivre soigneusement isolés et faites sur gabarit. L'isolement à la masse est spécialement prévu pour éviter toute détérioration. L'enroulement est du type compound, afin de permettre la marche à vide du cabestan à une vitesse modérée et donner un couple puissant au démarrage.

La partie magnétique de l'induit est constituée par des tôles d'acier de première qualité, montées sur un manchon en fonte portant également les lames de cuivre du collecteur. L'enroulement induit est établi en fil de cuivre soigneusement isolé. Les bobines sont maintenues en place par de solides frettes en fil d'acier.

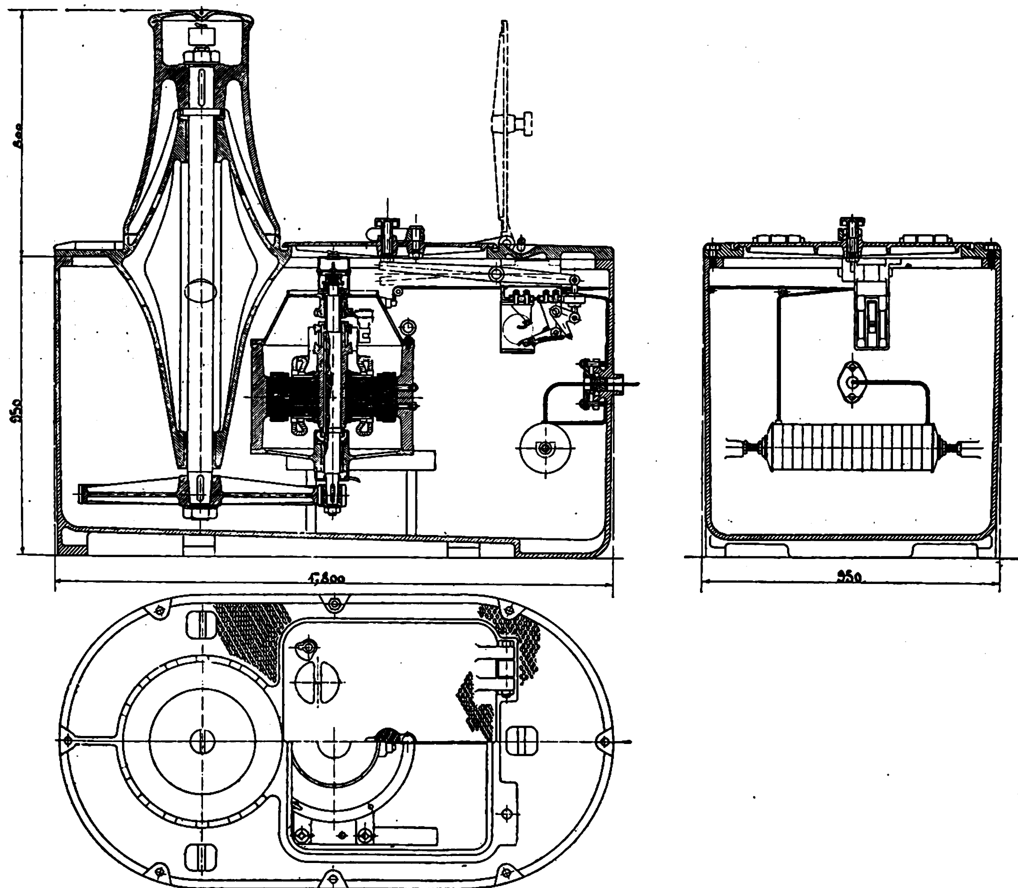


Fig. 2. — Coupes et plan du cabestan.

Le collecteur est en cuivre de haute conductibilité, isolé au mica, étudié pour obtenir une usure égale de ses deux parties constitutives.

Les porte-charbons sont en bronze rigide et portent un ressort permettant de régler la pression du charbon sur le collecteur.

Les balais sont en charbon avec shunt de cuivre souple. Ils sont à demeure sur un prolongement du palier.

Le moteur est réversible; une bonne commutation est assurée dans les deux sens de marche.

2° *Moteur courant alternatif.* — La carcasse extérieure du stator est en fonte.

Le circuit magnétique, calculé de façon à réduire autant que possible la self-induction, est constitué par des tôles d'acier; ces tôles sont clavetées sur la carcasse, serrées et maintenues solidement par deux plaques annulaires.

L'enroulement consiste en bobines de cuivre de haute conductibilité, disposées dans des cannelures semi-fermées et maintenues dans ces dernières par la forme en T des dents.

L'isolement est obtenu au moyen de plusieurs couches chevauchées de matières isolantes.

Le rotor est du type à cannelures. Le noyau est constitué par des tôles d'acier semblables à celles du stator

et clavetées sur un manchon en fonte. L'enroulement est formé de barres de cuivre isolées, disposées dans les cannelures et judgeonnées sur deux couronnes en métal spécial résistant pour constituer une cage d'écureuil.

Le rotor ne porte donc pas de bague et est directement court-circuité. Ce dispositif supprime les inconvénients des balais frottant sur bagues et donne au moteur une capacité de surcharge supérieure.



Fig. 3. — Moteur courant continu du cabestan.

L'entretien de la partie électrique de ce moteur est absolument réduit au minimum.

L'arbre est en acier très résistant. Les paliers sont supportés par des joues rapportées et boulonnées sur la carcasse; les coussinets sont très largement calculés pour éviter tout grippage. Le graissage par huile est établi pour assurer le bon fonctionnement du moteur sans pour cela qu'il se produise d'écoulement exagéré.

Le pignon de commande est en acier forgé et les dents taillées à la machine; il est claveté à la partie inférieure de l'arbre.

Le moteur est pourvu d'anneaux de suspension pour l'enlèvement.

Appareil de mise en marche. — Celui-ci se compose d'un interrupteur à rupture brusque, boulonné sur la paroi fixe de la cuve et commandé à distance par renvoi au moyen d'une pédale placée sur la trappe de visite. Cette pédale est à distance convenable de la poupée pour permettre à l'homme ayant le pied dessus de tenir le câble d'enroulement pour éviter le glissement.

La forme de la pédale est prévue de façon à empêcher toute introduction d'eau dans la cuve. Un levier de bloquage empêche sa manœuvre par les personnes étrangères au service.

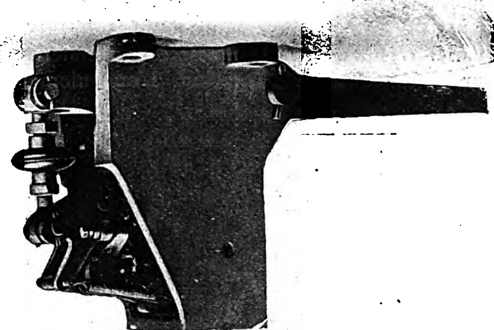


Fig. 4. — Interrupteur de mise en marche.

Les flasques de l'interrupteur sont solidement constituées pour supporter les chocs. L'appareil est prévu avec bobines de soufflage pour courant continu. Les contacts sujets à usure sont facilement remplaçables. Les pièces sujettes à fatigue sont en fonte malléable. Les ressorts sont établis de façon à empêcher que

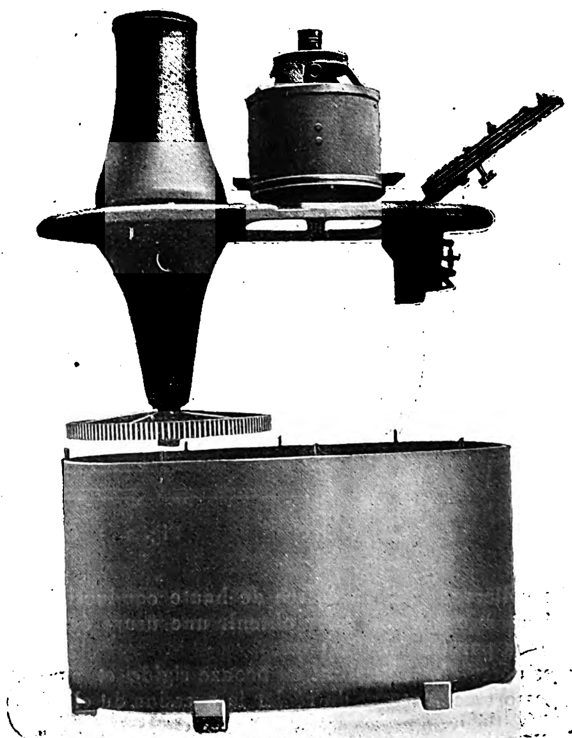


Fig. 5. — Vue montrant la facilité de démontage du cabestan.

l'appareil reste dans une position intermédiaire entre son ouverture et sa fermeture.

Les connexions entre les différents appareils sont faites avec du câble ou du fil isolé au caoutchouc monté sur porcelaine.

Avec le moteur courant continu est prévue une résistance fixe permettant de limiter le courant et d'éviter la détérioration du moteur quand il reste bloqué. Cette résistance est constituée par des rubans d'acier isolés au mica et complètement enfermés.

GÉNÉRALITÉS. — Toutes les pièces constituant le cabestan sont interchangeables d'un appareil à un autre. Les démontages courants sont faciles. L'entretien peut en être effectué par un seul homme.

Tout le graissage se fait à l'huile et les divers graisseurs peuvent contenir la quantité de lubrifiant nécessaire pour une période de 8 jours.

Les poids du cabestan et de ses divers organes sont :

	kg
Poids du cabestan complet.........	2100
Poids du plateau porte-poupée avec la poupée et la roue d'engrenage.	750
Poids du moteur..................	325
Poids de la cuve..............	1000

Le cabestan type C est établi pour fournir un effort de démarrage normal de 1000^{kg}, un effort de traction normal de 500^{kg} à la vitesse de 0,55 m : s et un effort maximum momentané de 1800^{kg}. Ces efforts s'entendent au crochet de traction, avec un diamètre d'enroulement à la poupée de 300^{mm}.

La vitesse à vide est de 1,35 m : s.

Les parties électriques sont établies pour un travail intermittent se prolongeant pendant la journée entière.

Ce type de cabestan est utilisé : dans les gares et les usines pour tirer les rames de wagons ; dans les dépôts de chemins de fer pour actionner les plaques tournantes; sur les quais maritimes, aux écluses pour ouvrir et fermer les portes; sur les pontons, les plans inclinés, etc.

Ce cabestan peut être utilisé pour desservir de grandes surfaces en employant des poulies de renvoi qui permettent les manœuvres dans tous les sens et à de grandes distances.

Les laminoirs à commande électrique des Aciéries de Bochum (Westphalie) (*Stahl und Eisen*, 26 mai). — Malgré les difficultés que présente la commande des laminoirs par moteurs électriques en raison des brusques variations de puissances auxquelles donne lieu le travail du laminage, la plupart des aciéries ont adopté ce mode de commande dans leurs nouvelles installations, y trouvant une notable économie dans la consommation d'énergie.

Les installations actuelles à commande électrique des importantes aciéries de Bochum comprennent :

1° Un laminoir à rails et poutrelles, avec un train blooming de 850^{mm} de diamètre et trois trains finisseurs parallèles, du type duo réversible, deux fours à réchauffer doubles desservis par des enfourneuses et des défourneuses électriques, les scies, le parc à rails, l'atelier d'ajustage, l'atelier de rhabillage des cylindres, etc.

Les quatre trains du laminoir à rails sont actionnés par une machine à vapeur compound unique, attaquant directement la ligne des cylindres inférieurs;

2° Un laminoir à fers marchands se composant d'un train duo double de 350^{mm}, d'un second train duo double de 280^{mm} de diamètre et des trains blooming correspondants de 600^{mm} et 400^{mm} de diamètre. Il est destiné à produire des fers ronds et carrés de 16^{mm} à 45^{mm}, des cornières de 35^{mm} à 55^{mm}, des fers plats de 30^{mm} à 80^{mm} et des bandes de tôle pour la fabrication des tuyaux soudés à la forge. Ce laminoir est complété par deux fours doubles à réchauffer les lingots. Ses quatre trains sont actionnés par des moteurs électriques avec volants d'une puissance variant entre 200 et 900 chevaux.

ÉLECTROCHIMIE ET ÉLECTROMÉTALLURGIE.

FOUR ÉLECTRIQUE.

Le four à induction et résistance combinées Röchling-Rodenhauser pour la production et l'affinage de l'acier. — Parmi les fours électriques, ceux à induction ont, jusqu'à présent, donné les meilleurs résultats au point de vue économique. Ils ont notamment l'avantage de ne pas provoquer de grands écarts dans la source de courant. Toutefois le chauffage par résistance a ses avantages; aussi MM. H. Röchling et Rodenhauser ont-ils eu l'idée de combiner les deux modes de chauffage et leur système de four, en service depuis près de deux ans aux Röchlingsche Eisen- und Stahlwerke, à Völklingen (Allemagne), est un four combiné, dérivé du système Kjellin, dans lequel le circuit secondaire est constitué en deux parties : deux rigoles de fusion formant un 8, avec foyer de travail commun; enroulements conducteurs, raccordés à des pièces conductrices dites *disques polaires*, situées dans la chemise du four, par lesquels la matière peut être chauffée directement par résistance. Il diffère du four Kjellin par ce double mode de chauffage et en ce que les transformateurs présentent deux enroulements séparés par un espace d'air : les conditions électriques sont meilleures qu'au four Kjellin d'induction simple et la dépense d'énergie est en conséquence moindre. Il se caractérise par : une faible dépense d'énergie électrique ; un rendement thermique élevé, c'est-à-dire une bonne utilisation de la chaleur; une grande facilité dans les opérations métallurgiques.

Les inventeurs se sont rapprochés le plus possible dans la construction de la forme du four Martin. C'est ainsi que leur four présente pour les opérations métallurgiques, non plus une simple rigole, comme dans les fours à induction ordinaire, mais un foyer analogue au foyer du four Siemens-Martin, ce qui constitue un de ses principaux avantages. Il est destiné à la production d'acier doux homogène de qualité au moins égale au meilleur fer suédois et se prête tout particulièrement à l'affinage.

La combinaison des deux chauffes par induction et résistance a été obtenue en faisant alimenter, par l'enroulement primaire du transformateur, deux groupes de circuits induits dont l'un est formé par les circuits fermés du canal de fusion et l'autre par un enroulement de cuivre travaillant à basse tension et à très haute intensité. Cet enroulement échauffe, par résistance, une partie de la charge par l'intermédiaire de deux couches de revêtement bonnes conductrices de la chaleur et de composition telle qu'elle n'influe pas sur la pureté de l'acier. La figure 1 est un schéma du principe du four Röchling-Rodenhauser.

Les Röchlingsche Eisen- und Stahlwerke ont mis en usage deux fours de ce genre, l'un pour une charge de 3^t,5 d'acier, marchant par courant monophasé à 3000 volts et 5 périodes, avec une dépense d'énergie de 400 kilowatts. L'autre est un four destiné à des charges de 500^{kg} à 700^{kg}, marchant par courant monophasé à 500 volts et 50 périodes. Ces deux fours sont en service à Völklingen. Un troisième du second type

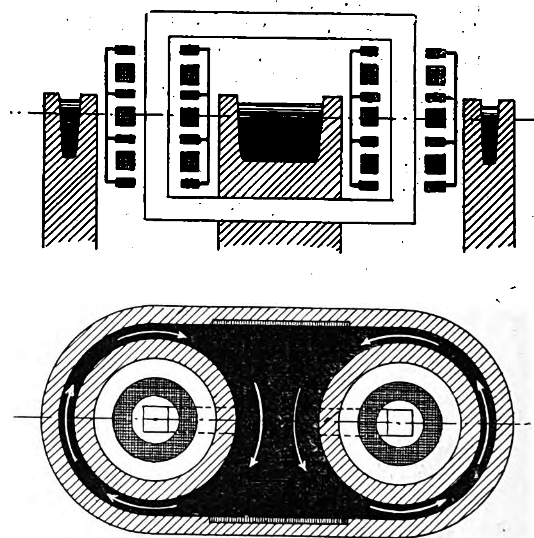


Fig. 1.

est en service à Dommeldingen (Luxembourg). Un four de 8 tonnes est actuellement en construction à Völklingen. Les renseignements suivants, concernant un four du même genre conçu pour une charge de 5 tonnes marchant par courant monophasé, à 5000 volts et 15 périodes, nous ont été fournis par la Gesellschaft für Elektrostahlanlagen. Les figures 2, 3 et 4 sont des coupes horizontales et verticales, dans lesquelles les flèches indiquent la marche du courant.

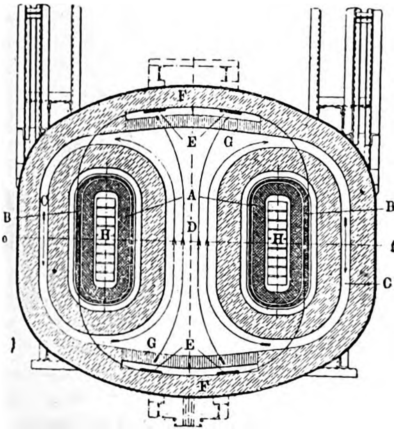
Ce four ne diffère de celui de 3^t,5 expérimenté à Völklingen et pour lequel nous donnerons les résultats de marche, que par les dimensions du transformateur et l'arrivée d'air de refroidissement. Pour le four de 3^t,5, en service à Völklingen, travaillant à 5 périodes en raison des exigences des génératrices existantes, on a dû adopter des dimensions très grandes pour le transformateur. Ces dimensions sont diminuées dans le four à 5 tonnes et 15 périodes sous 5000 volts. D'autre part, le refroidissement et la ventilation du transformateur sont obtenus par deux arrivées d'air dans des boîtes à vent, dans lesquelles se trouvent les enroulements. Cet air est amené avec la pression d'une colonne d'eau de 40^{mm}.

Pour le four de 5 tonnes au contraire, on emploie un

courant d'air de soufflerie amené par des conduites minces.

Le transformateur de ce four de 5 tonnes présente deux noyaux portant chacun un enroulement primaire inducteur A et un enroulement secondaire induit B. Les courants induits B traversent le canal de chauffe C, fermant le secondaire, rempli de matière en fusion et entourant complètement les noyaux. En s'élargissant entre ces noyaux, le canal C forme un vaste foyer D formant partie du secondaire, dans lequel les opérations métallurgiques se font dans de bonnes conditions. Le courant induit B est transmis au bain, qu'il traverse entièrement non par des électrodes, mais par des disques polaires formés de plaques métalliques E. Ces plaques sont insérées dans les parois F de telle façon que le courant venant de B les traverse et se communique au lit de fusion par l'intermédiaire d'une masse G formée de matériau électrolytique réfractaire de même nature que celui employé comme filaments dans les lampes Nernst.

Fig. 2. — Four combiné Röchling-Rodenhauser. Coupe horizontale *ab*.



A travers le bain de fusion, le courant gagne la masse *b* opposée et les disques polaires opposés E.

La matière en fusion D est ainsi soumise à un double chauffage par induction directe et, d'autre part, par résistance au moyen des courants passant entre les disques polaires opposés E.

Les lames sont suffisamment élevées pour permettre au courant de passer par le bain en fusion aussi bien que par la couche de scorie.

Une des préoccupations dans l'emploi des fours électriques est la protection des enroulements et des noyaux contre les effets de la haute température occasionnée

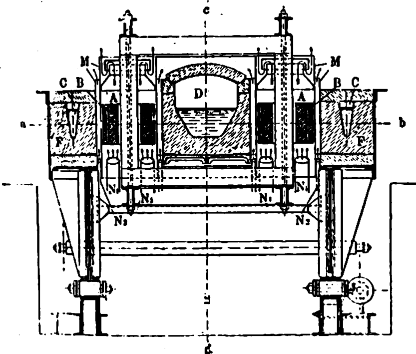


Fig. 3. — Four combiné Röchling-Rodenhauser. Coupe *ef*.

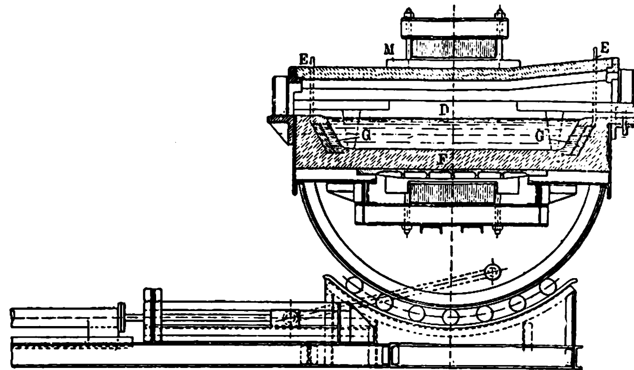


Fig. 4. Coupe *cd*.

par le rayonnement des parties du four qui les entourent.

Dans le four Röchling-Rodenhauser, le refroidissement des enroulements est obtenu par des courants d'air sous pression venant des tuyères N_1, N_2, qui traversent des cylindres en cuivre M, M, à parois minces entourant les enroulements.

Des fentes d'aérage assurent également la ventilation dans le fer du transformateur, et les cylindres intérieurs ont été garnis de clapets qui les mettent à l'abri des poussières toujours si répandues dans l'atmosphère des usines métallurgiques. Ces dispositifs ont donné à Völklingen d'excellents résultats, bien que le four, placé dans un hall ouvert à tous les vents, se trouve dans de très mauvaises conditions, tant au point de vue du refroidissement que de la protection contre la poussière. Depuis plus d'un an qu'il est en service, aucune perturbation ne s'est produite dans le transformateur et la dépense d'énergie a été normale.

Le four est généralement couvert par des voutins ou couvercles d'échappement que l'on n'enlève qu'en cas de réparation hors de marche. Une porte de chargement à guillotine, située à l'arrière, et une gueule de coulée permettent les opérations de déchargement, de surveillance de bain et de coulée. Tous les soins à prendre dans le four pendant l'opération consistent à surveiller la formation du laitier et à le retirer.

L'enlèvement se fait au moyen d'un appareil hydraulique de haute pression permettant de faire basculer le four sur un chemin de roulement.

L'un des points intéressants est la disposition des disques polaires E.

Dans les fours ordinaires à résistance, les électrodes en carbone ou en métal sont sujettes à une usure rapide. Les terres rares, leurs oxydes ou carbures, avec un liant carbonifère pour augmenter la sensibilité (conducteur des lampes Nernst), donnent les résultats les plus favorables. La fabrication d'électrodes cylindriques étant difficultueuse, on a fabriqué des plaques minces ou disques polaires.

Pour maintenir une densité de courant aussi faible que possible et obtenir une longue durée et une faible perte d'énergie, il est nécessaire que la transmission du courant se produise de face à face et non dans le sens latéral.

Les disques polaires usités dans le four Röchling-Rodenhauser et dus à MM. Schœnowa et Rodenhauser, satisfont à ces conditions.

Le disque est en métal difficilement fusible (fer forgé ou acier coulé). Il consiste en une mince plaque ayant la même grandeur que la plaque d'électrode et porte des bras qui permettent les connexions faciles des conducteurs.

La face tournée vers l'électrode présente des saillies en queue d'aronde de façon à obtenir un bon appui de la plaque d'électrode et à augmenter la surface de

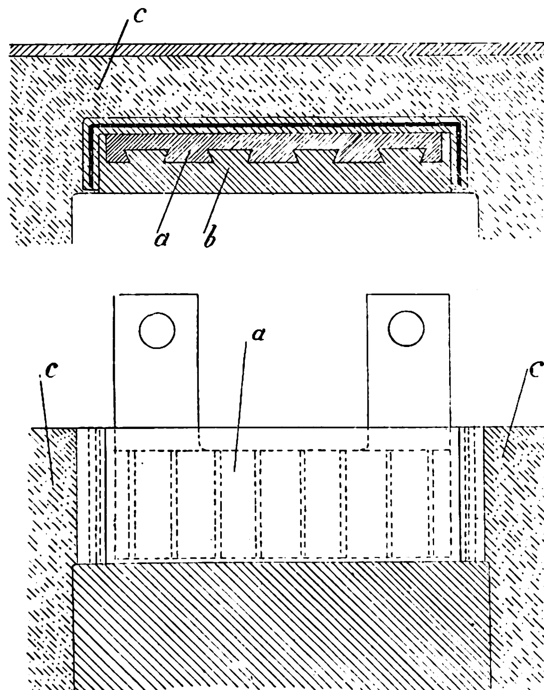


Fig. 5 et 6.

transmission du courant. Il est nécessaire que le disque polaire soit d'une seule pièce, toute soudure, vis ou rivet donnant lieu à des résistances de transmission et à des échauffements locaux qui détérioreraient les plaques.

Les figures 5 et 6 représentent les disques polaires insérés dans les parois du four.

Dans la construction du four, on dame en même temps la matière réfractaire *c* de la paroi et le mélange *b* de la plaque d'électrode avec interposition du disque polaire.

Le matériel de la paroi conduit mal ou même pas du tout le courant à la température ordinaire, mais devient plus conducteur à la haute température du four, en sorte que l'usure est insignifiante pendant les opérations.

Pour éviter le passage du courant du disque polaire *a* dans la paroi *e* du four et les pertes d'énergie qui en résulteraient, on intercale entre le disque polaire et la matière de la paroi une couche de matière isolante réfractaire *e*, telle que asbestonite, ambroïne ou ciment d'amiante.

On prolonge cette couche isolante jusqu'à proximité de la face interne de la paroi du four, de manière que le passage du courant de la plaque d'électrode dans la paroi du four soit rendu impossible.

Ces disques polaires et plaques d'électrodes E assurent le passage du courant dans de bonnes conditions; leur usure est minime et il n'est pas besoin d'avoir recours au refroidissement par circulation d'eau qui occasionne des pertes de chaleur.

Un appareil hydraulique à haute pression permet de faire basculer le four en avant ou en arrière pour les opérations d'enlèvement du laitier et de coulée.

Nous décrirons ici sommairement le fonctionnement.

Le four ayant été garni d'une masse basique composée de magnésie au goudron à 10 ou 12 pour 100 de goudron, on chauffe fortement l'intérieur du four en introduisant des anneaux de fer doux homogène dans lesquels on excite le courant en mettant l'enroulement inducteur en circuit. Lorsque la température a atteint 900° à 950° C., la fumée dégagée par le foyer s'atténue et l'on charge alors avec de la fonte brute liquide provenant d'un haut fourneau, puis on fait passer le courant électrique. Il faut environ 18 heures pour que le four ait atteint la température maxima et qu'il n'y ait plus production de fumée.

La température de travail varie, comme dans les fours à induction en général, entre 1600° et 1850° C. suivant le métal traité, le métal riche en carbone ayant une température de fusion moins élevée que le métal pauvre en carbone.

La chaude terminée, on fait basculer le four et l'on coule la fonte.

En raison de certaines conditions de service purement locales, on laissait dans le four environ 800^{kg} de fonte. On introduisait alors l'acier fini basique du four Martin et l'on plaçait sur le bain de la chaux calcinée à 6 pour 100 de magnésie et l'on ajoutait 8^{kg} de spath fluor pour obtenir un degré de liquéfaction suffisant (ceci était rendu nécessaire par la forte teneur en magnésie de la fonte). On procède ensuite à l'affinage.

Si la scorie est trop fluide on ajoute de la chaux, si elle est trop solide, on ajoute du spath fluor; c'est la seule surveillance à exercer avec celle relative à la fin de l'opération.

Celle-ci est terminée quand il ne monte plus de bulles d'acier à la surface du bain. On prélève alors des

échantillons et, lorsque ceux-ci sont satisfaisants, on arrête l'opération. La durée d'une chaude est ordinairement de 2 à 3 heures, et deux hommes pouvant servir le four, un troisième est spécialement chargé des manœuvres électriques et du réglage du courant.

Afin d'éviter le refroidissement du four et une dépense assez importante d'énergie pour le chauffage en vue d'une nouvelle chaude, lorsque le four ne doit pas être rechargé immédiatement, on laisse une charge d'environ 800^{kg} dans le four pour une charge totale de 3,5 tonnes, de façon à maintenir le four chaud sous courant jusqu'à l'introduction de la nouvelle charge.

Si l'on veut obtenir un fer fortement carburé, on ajoute du coke en poudre qui se dissout rapidement dans le bain; si au contraire on veut obtenir des aciers durs exempts de soufre, on le laisse reposer plus longtemps et l'on désulfure par le manganèse; le soufre est ainsi presque complètement éliminé. L'élimination se fait à haute température.

De la haute température du fer lors de la coulée, il résulte que l'acier produit électriquement se comporte beaucoup mieux dans le moule que l'acier Martin.

Conditions électriques du four Röchling-Rodenhauser. — Les diagrammes des conditions électriques du four sont remarquables.

Les courbes de tension et de puissance sont en effet des lignes droites interrompues seulement lors de la coulée, lorsque le courant est lui-même interrompu. Il résulte de la régularité de tension et de puissance que les génératrices travaillent avec une régularité correspondante de charge, ce qui est un grand avantage.

La puissance du courant croît pendant le remplissage.

Au début de la charge, la tension est de 2600 volts, l'intensité de 145 ampères, la puissance de 350 kilowatts; vers le milieu de l'opération, la tension est de 2600 volts, l'intensité de 142,5 ampères, la puissance de 315 kilowatts, et 2000 volts, 142 ampères, 330 kilowatts.

A la fin de l'opération on a les chiffres suivants : 2400 volts, 131 ampères, 210 kilowatts. Cette dépense d'énergie est faible. D'autre part, on se rapproche ici des conditions les plus favorables du courant électrique qui ont lieu lorsque le décalage de phase : $\cos\varphi = 1$. Or, dans le four Röchling-Rodenhauser, $\cos\varphi = 0,875$, ce qui est la valeur la plus approchée de 1 qu'on ait obtenue dans les fours électriques. Ce résultat est obtenu par le double enroulement des noyaux.

La dépense d'énergie d'un four électrique par tonne de charge diminue naturellement avec la capacité du four.

Elle dépend aussi de la nature du fer obtenu.

Le Tableau suivant montre la consommation d'énergie pendant quelques chaudes en regard de la composition du métal obtenu et de ses propriétés physiques.

L'acier obtenu est particulièrement remarquable par le degré d'homogénéité du métal obtenu et le procédé permet d'obtenir exactement le degré de carburation voulu.

CHARGE.					PRODUITS.				RÉSISTANCE.			DURÉE de la chaude.	KW-H par tonne.	TOTAL	N^{os}.
C.	P.	Mn.	S.	Si.	P.	Mn.	S.	Si.	Résistance.	Allongement.	Contraction.	h m		kw-h	
0,075	0,080	0,527	0,129	0,018	0,030	0,594	0,069	»	64,0	21,0	28,5	2.40	300	750	1
»	0,060	0,361	0,101	0,018	0,011	0,377	0,061	0,019	35,4	37,0	71,0	2	240	600	2
0,069	0,058	0,590	0,085	0,022	0,008	0,328	0,048	0,017	36,8	35,5	66,7	2	240	600	3
0,067	0,047	0,590	0,077	0,020	0,006	0,295	0,048	0,019	37,1	35,0	63,9	2	243	610	4
0,070	0,041	0,542	0,109	0,024	0,004	0,301	0,068	0,029	36,8	34,5	62,1	2.15	224	560	5
0,070	0,045	0,512	0,060	0,020	0,004	0,271	0,044	0,028	37.6	32,5	59,7	2	197	492	6
»	0,065	0,572	0,089	0,018	0,007	0,271	0,078	0,021	36,5	35,5	63,6	1.45	175	438	7
»	0,073	0,600	0,093	0,020	0,004	0.284	0,053	0,021	35,2	34,5	71,2	1.25	212	530	8
»	0,061	0,695	0,089	0,024	0,008	0,284	0,061	0,022	35,0	37,5	70,6	1.55	270	675	9
»	0,073	0,569	0,085	0,016	0,010	0.253	0,053	0,022	fonte façonnée			1 50	230	576	10

Le rendement thermique du four Röchling-Rodenhauser est supérieur à celui du four Kjellin, en raison de la disposition de la rigole de fusion. Dans le four Kjellin de moyenne importance, ce rendement est d'environ 50 pour 100; dans les plus grands il atteint jusqu'à 80 pour 100.

En général, la dépense d'énergie dépend de la nature du travail effectué; c'est ce qui a fait, quant à présent, renoncer à produire, par la méthode électrique, le fer ou l'acier directement par la fusion du minerai et d'un agent de réduction, car la dépense d'énergie devient considérable, le courant électrique devant fournir dans ce cas à la fois la chaleur de fusion et la chaleur de réduction. Il faudrait compter pour ce travail sur une dépense d'énergie d'environ 2500 kilowatts-heure par tonne de fer et, dans ces conditions, l'utilisation du courant électrique majorerait le prix du métal obtenu dans de telles proportions qu'il serait impossible de concurrencer le métal obtenu au haut fourneau, même pour les qualités supérieures.

A vrai dire le four électrique n'est utilisable que pour la production de l'acier avec de la fonte et plus particulièrement pour l'affinage de l'acier produit au convertisseur ou au four Martin et pour la production d'aciers spéciaux.

Pour ce dernier objet, en effet, la consommation

d'énergie peut ne pas dépasser 200 kilowatts-heure par tonne de métal. Le four Röchling-Rodenhauser se prête particulièrement bien à l'affinage de l'acier, et c'est pour cet objet qu'il est employé actuellement, produisant des aciers supérieurs aux aciers obtenus au four Martin. Le Tableau précédent montre que la consommation par tonne pour un four de 3,5 tonnes est minimum.

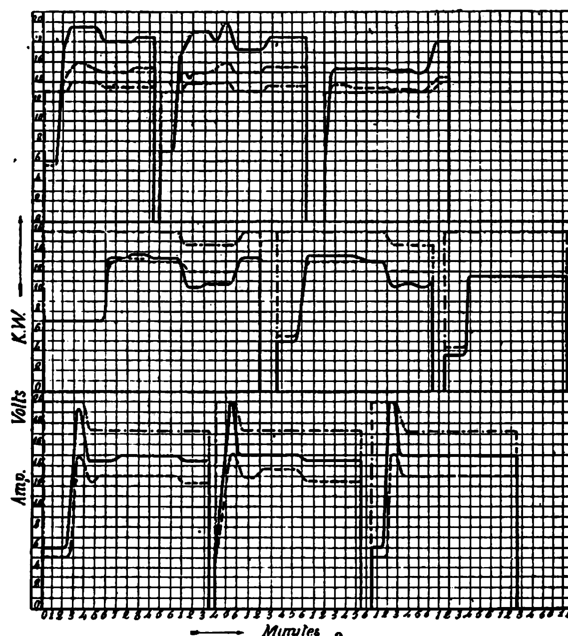


Fig. 7. — Graphiques des conditions électriques du four Röchling-Rodenhauser de 3,5 tonnes.

Échelle : 1 division = 10 ampères, 150 volts, 20 kilowatts.
----- Courbes des ampères. -.-.-.- Courbes des volts.
——— Courbes des kilowatts.

De ce Tableau il ressort aussi que l'on peut faire environ 8 chaudes par jour; à 5 tonnes par chaude, cela représente une production annuelle moyenne (pour 300 jours dans l'année) de $8 \times 5 \times 300 = 12000$ tonnes.

A 300 kilowatts-heure par tonne, cela donne une dépense de $12000 \times 300 = 3600000$ kilowatts-heure par an.

Dans ces conditions, étant donnée la qualité supérieure de l'acier, son emploi présente de réels avantages.

E. MASSELON.

Fours électriques pour la fusion du fer et du laiton, par JOHN B.-C. KERSHAW (*Electrochemische Zeitschrift*, t. XV, décembre 1908 et janvier 1909, p. 202 et 226). — Avec les groupes les plus modernes des machines à vapeur et dynamos, on arrive à une consommation de 1kg,2 de charbon par cheval-heure. En supposant un rendement de 0,85 pour le groupe, on trouve ainsi qu'on obtient dix-sept fois moins de calories en passant par l'intermédiaire de l'énergie électrique qu'en brûlant directement le charbon. Il semble donc *a priori* que le chauffage électrique ne peut être possible qu'en utilisant les chutes d'eau donnant le cheval-an à un prix relativement bas.

Cependant, le chauffage électrique a cet avantage que la chaleur est produite au point même où on l'utilise, c'est-à-dire à l'intérieur de la masse métallique qui doit être fondue. Les pertes de chaleur par rayonnement et conductibilité sont très faibles comparativement à celles des procédés ordinaires de chauffage, et le rendement calorifique peut atteindre 75 pour 100. Il est intéressant de connaître ce rendement pour les autres modes de chauffage. Le Tableau suivant indique ces valeurs, d'après les indications du professeur Burgess de l'Université du Wisconsin :

Produit.	Type de four.	Rendement calorifique pour 100.
Fonte........	Haut fourneau	52,6
Acier........	Procédé acide	11,9
Acier........	Procédé basique	10,0
Fer brut.....	Four à flamme	8,5
Fer forgé....	Four à flamme	5,0
Acier........	Creuset de fusion (Siemens)	4,0
Acier........	Creuset de fusion (Greenwood)	2,0

Le rendement calorifique des fours pour la fabrication de l'acier et du fer forgé est obtenu en prenant le rapport de la chaleur théorique nécessaire pour porter le métal en fusion à la chaleur réellement consommée dans les fours.

Dès l'instant que l'on n'utilise dans un four ordinaire que $\frac{1}{20}$ de la chaleur, le chauffage électrique devient aussi économique en partant du charbon.

En outre, avec le chauffage électrique, les fours et creusets de fusion ont une plus longue durée, parce qu'ils ne sont pas exposés aux effets d'une chaleur extérieure; la température la plus élevée a lieu dans la masse à fondre et non sur les parois du four ou du creuset.

Un avantage non moins important du four électrique est que le métal en fusion n'est pas soumis à l'action de l'air et qu'on évite les pertes dues à la formation d'oxydes et de scories. Pour la fusion de certains aciers fins, il est de grande importance de pouvoir fondre sous la surface d'un fondant protecteur ou dans une atmosphère exempte d'air.

Comme dernier avantage du four électrique, on peut citer la pureté du métal fondu. Lorsqu'on chauffe au charbon ou au coke, une certaine quantité de cendres passe à l'état de poussières dans le métal en fusion, et la silice qui se trouve en majeure partie dans ces cendres peut avoir une action néfaste sur les propriétés physiques du métal obtenu. Avec le chauffage électrique, le métal reste pur et a exactement la composition chimique qu'on désire.

Pour la fusion du fer et du laiton, on emploie les fours électriques à résistance, les fours à arc n'étant pas aussi bien appropriés au travail demandé.

Le chauffage électrique par résistance peut se faire de différentes manières : le creuset de fusion peut être introduit au milieu de matières infusibles servant de résistances (charbon en grains, carborundum, kryptol). Dans ce cas, le chauffage se fait extérieurement et les pertes par rayonnement sont relativement élevées.

Dans les fours d'un second type, le métal à fondre est lui-même utilisé comme résistance. Le chauffage étant intérieur, on bénéficie ainsi de tous les avantages du chauffage électrique.

Le courant électrique peut être envoyé directement dans le métal, ou bien on peut produire dans ce dernier des courants d'induction, le métal formant le circuit secondaire d'une transformation. Dans tous les cas, on emploie du courant alternatif avec lequel on n'a pas à craindre d'actions électrolytiques.

La température nécessaire est de 900° C. pour la fusion du laiton et 1375° C. pour celle de l'acier.

La tension électrique dépend évidemment de l'épaisseur de la résistance; on travaille, en général, à tension faible : 50 à 100 volts.

D'après Vogel, en utilisant comme résistance des électrodes en charbon compact homogène, on doit employer les densités de courant suivantes :

Densité de courant en ampères par mm².	Température correspondante en degrés C.
0,25	590
0,33	710
0,45	990 (laiton fondu)
0,54	1100
0,66	1210 (fonte)
1,20	1600
1,60	1850
2,00	2300

Pour les fours à laiton et à acier, il faut donc travailler dans ce cas entre 0,45 et 1,20 ampère par millimètre carré. Avec les autres matières : charbon en grains, graphite et carborundum, la densité de courant doit être un peu plus faible, car la conductibilité à l'état granuleux est plus petite que celle des électrodes en charbon compact.

Comme four électrique à creuset, on peut citer le four Girod employé dans trois usines de la Société anonyme électrométallurgique, procédés Paul Girod. Il sert à la fabrication d'alliages de fer et ne dépasse pas la température de 1500° C. Il utilise comme résistance le graphite, le silicium et le carborundum. Les fours employés aux usines d'Ugine, Courtpin et Montbovon absorbent 2000 chevaux et font journellement 1000^{kg} à 2000^{kg} d'alliages de fer par jour; ils sont en service depuis 1903.

Comme fours du second type, à chauffage intérieur, on peut citer les fours Héroult, Keller, Kjellin et Colby.

Le four Héroult est trop connu pour qu'il soit nécessaire d'en refaire ici la description. Le chauffage se fait en partie par résistance et en partie par arc. Pour employer ce four à des températures inférieures à 1500° C. on doit éviter la formation des arcs. A cet effet, on laisse après chaque coulée un tiers ou plus de la masse fondue dans le four. Les charbons peuvent alors être mis en contact avec la scorie qui surnage au-dessus du métal et le chauffage se continue pendant que l'on charge de nouvelles matières à traiter.

Comme dans le four Héroult, dans le four Keller de fusion, on évite la formation de l'arc en ne faisant que des coulées partielles et en mettant les électrodes en charbon en contact avec la scorie.

Le four à induction Kjellin est bien connu. Le four Colby est du même type, avec cette différence que le circuit principal est constitué de tubes de cuivre qui sont refroidis par circulation d'un courant d'eau pendant le fonctionnement du four.

Un petit four Kjellin d'expérience est installé à Sheffield dans les aciéries Vicars. Ce four peut basculer autour de deux tourillons. Il a un rendement de 57 à 60 pour 100 et peut fondre 14^{kg} de métal en 20 à 30 minutes.

Le four Colby de 40 kilowatts installé aux usines Facony, à Philadelphie, consomme 600 à 830 kilowatts-heure par tonne. On peut couler toutes les heures des barres de 40^{kg}. On laisse chaque fois dans le four 45^{kg} de métal fondu pour l'opération suivante.

La fusion proprement dite dure 30 minutes; les 30 autres minutes sont nécessaires pour compléter le raffinage.

On peut conclure des chiffres précédents qu'il faut 400 à 500 kilowatts-heure pour fondre une tonne de métal dans les fours à résistance à chauffage intérieur, de sorte qu'en utilisant une chute donnant le cheval-an à 50^{fr}, le coût d'énergie électrique est de 3^{fr},95 par tonne.

L. J.

DIVERS.

Soudure de l'aluminium. — Aux nombreux procédés préconisés pour la soudure de l'aluminium, vient de s'en ajouter un nouveau, dû à M. Otto Nicolai, de Boppard (Allemagne).

A une certaine température, il se forme, par suite du mélange de l'oxyde d'aluminium avec le fondant Nicolai, un corps chimique dont l'auteur n'a pas encore déterminé la nature. Dans le cas de l'aluminium pur et de la plus grande partie de tous les alliages d'aluminium, le fondant Nicolai s'emploie sans aucune précaution spéciale et il donne des soudures irréprochables; mais quand il s'agit du magnolium ou de combinaisons de l'aluminium avec une très forte quantité de magnésium, ou encore des bronzes d'aluminium tels que ceux qu'utilisent les chantiers de torpilleurs de la Marine allemande installés à Friedrichsort et qui renferment 90 pour 100 de cuivre avec 10 pour 100 d'aluminium, il faut ajouter au fondant de l'aluminium pur très finement divisé. Ce n'est qu'au moment où le fondant entre en contact avec une forte quantité d'aluminium que peut se former le nouveau corps chimique nécessaire pour faire réussir la soudure. Le système employé par M. Nicolai ne permettrait pas seulement de souder ensemble différentes pièces d'aluminium ; il donnerait encore la possibilité de souder l'aluminium avec de l'argent, du cuivre, du nickel, du laiton, de l'acier, du fer, etc. M. Nicolai soude ensemble non seulement de grosses pièces d'aluminium, mais encore les tôles les plus minces, les fils ténus, en obtenant des attaches d'une solidité à toute épreuve.

TRAVAUX SCIENTIFIQUES.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE.

Observation des orages au moyen de cohéreurs et de bolomètres, par A. TURPAIN (Communication faite au Congrès de Lille de l'Association française pour l'avancement des sciences, août 1909). — Dans diverses publications antérieures [1] l'auteur a fait connaître les dispositifs qu'il emploie et l'application qu'il en a faite à Saint-Emilion pendant l'été de 1902.

I. La figure 1 représente le schéma simplifié de

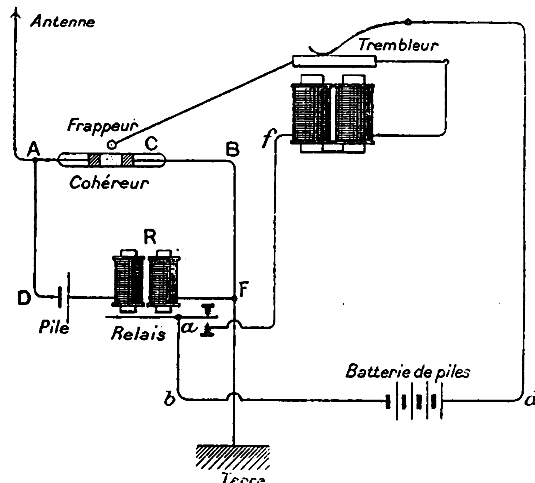


Fig. 1. — Schéma du dispositif d'observation des orages au moyen du cohéreur.

ces dispositifs. Les ondes d'origine atmosphérique, captées par l'antenne, produisent la cohération du cohéreur C; le circuit ABFD contenant le cohéreur C, une pile et un relais R, se trouve fermé. La palette *a* du relais R ferme alors un second circuit *abaf* qui comprend un trembleur dont le frappeur choque C et lui restitue sa résistance primitive. Des rhéostats réglables et de résistances convenables, non représentés sur le schéma de la figure 1, permettent de graduer l'intensité des courants utilisés. Ce schéma rappelle, on le voit, ce qu'il y a d'essentiel dans un dispositif récepteur de télégraphie sans fil.

Si l'on veut enregistrer les perturbations orageuses et être averti à distance de ces perturbations, le dispositif est modifié comme l'indique la figure 2. Le relais R actionné par le cohéreur fermé, en même temps que le circuit du frappeur F, le circuit d'un électro-aimant agissant sur la plume d'un enregistreur Richard E et celui d'un relais R' destiné à actionner une sonnerie avertisseur.

C'est suivant ce dernier schéma que furent disposées les expériences faites en 1902 à Saint-Emilion, et c'est un dispositif du même genre qui fonctionne, d'une manière intermittente depuis 1903 et d'une façon régulière et journalière depuis le courant de mai 1909, à l'Observatoire météorologique du Puy de Dôme.

Bien que l'installation de pareils dispositifs paraisse très aisée à première vue, elle ne laisse cependant pas d'être assez pénible lorsqu'il s'agit d'assurer un service régulier d'enregistrement dans un observatoire de montagne, généralement voisin des régions de l'atmosphère habituellement occupées par les nuages et où, par suite, règne une humidité presque constante qui rend fort difficile l'entretien de dispositifs un peu délicats. En particulier, à l'Observatoire du Puy de Dôme, on constata que par l'action de cette humidité les contacts de la palette du relais R (*fig.* 2) et du butoir de travail relié

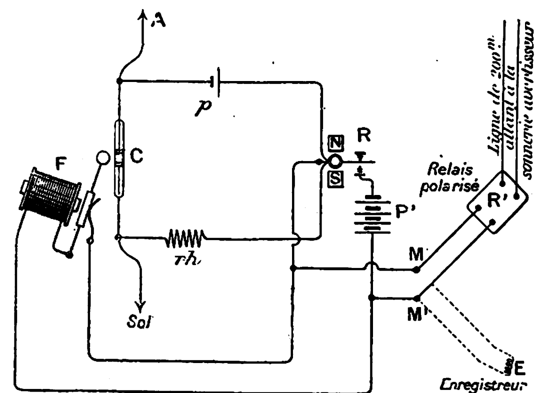


Fig. 2. — Schéma du dispositif employé à Saint-Émilion en 1902.

au pôle positif de la pile P' n'étaient pas assurés d'une façon suffisamment nette : la plupart du temps, après un contact provenant d'une cohération due à une décharge, la palette restait collée sur le butoir par l'effet d'une adhérence capillaire due à l'humidité ; par suite, le courant de P' circulait d'une manière continue et la pile P' se trouvait bientôt hors de service. Tout récemment M. David, météorologiste à l'Observatoire du Puy de Dôme, a levé cette difficulté en remplaçant ce contact platine-platine par un contact platine-mercure, le fil de platine étant solidaire de la palette du relais R et le godet de mercure relié au pôle positif de P'.

Une seconde difficulté provenait de l'emploi comme source P' d'une batterie d'éléments Leclanché. Cette pile se polarisait rapidement, de sorte que le frappeur actionné par cette pile ne parvenait pas à produire dès

[1] A. Turpain, *La prévision des orages* (*L'Éclairage électrique*, 27 septembre 1902). — *Les phénomènes d'électricité atmosphérique observés au moyen du cohéreur* (*Congrès d'Angers de l'A. F. A. S.*, 8 août 1903). — *Appareil pour l'observation de l'enregistrement automatique des orages* (*Journal de Physique*, juillet 1905).

les premiers chocs la décohération du cohéreur. Pour remédier à cet inconvénient, il eût suffi de remplacer cette pile par des accumulateurs, mais on n'y pouvait songer par suite de l'impossibilité où l'on était à l'Observatoire et jusqu'à ces derniers temps de recharger des accumulateurs. L'installation récente d'un petit groupe électrogène à moteur à pétrole a permis depuis ce remplacement.

La figure 3 donne le schéma de l'installation du Puy

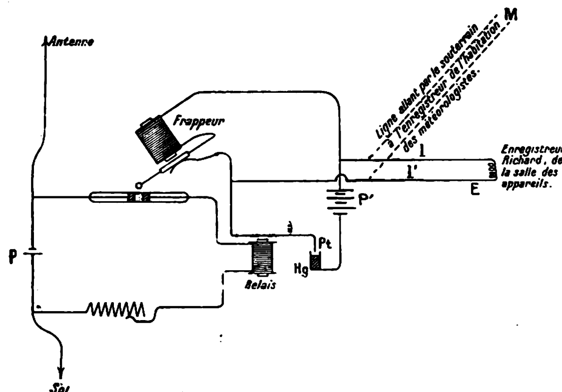


Fig. 3. — Schéma du dispositif en service à l'Observatoire du Puy de Dôme.

de Dôme telle qu'elle est aujourd'hui réalisée. L'antenne est constituée par deux conducteurs distincts et différemment disposés qui servent, l'un pendant l'été, l'autre pendant l'hiver. L'antenne d'été est formée d'un fil fer-cuivre de 4^{mm} de diamètre tendu à l'Ouest, sur les flancs du mont, d'une cabane à la tour de l'Observatoire; elle mesure 208^{m}; l'antenne d'hiver est un conducteur circulaire entourant la tour et supporté par huit poteaux; elle mesure 143^{m}. On a dû recourir à ce double dispositif, car pendant l'hiver le poids du givre ne permet pas de maintenir tendue la première antenne. L'entrée de ces antennes est réalisée à la manière habituelle à travers le carreau d'une fenêtre de l'abri ouest de la tour. Dans cet abri se trouvent le cohéreur, son frappeur, le relais et les accumulateurs constituant les sources p et P'. Une première ligne ll' permet au courant de P' d'entretenir un enregistrement sur un tambour Richard dans la salle centrale de la tour; une seconde ligne LL', beaucoup plus longue, traverse le souterrain reliant l'Observatoire proprement dit à la demeure des météorologistes où elle actionne un second enregistreur. En examinant les bandes des enregistreurs, on y distingue nettement les orages locaux, à décharges tellement rapprochées et fréquentes que l'inscription est presque continue, des orages lointains dont les décharges successives donnent des traits nettement séparés.

II. Dans la seconde partie de sa Communication, M. Turpain fait connaître les perfectionnements qu'il a apportés à ses dispositifs primitifs en vue d'en rendre l'usage indépendant des conditions climatériques des observatoires de montagne.

Tout d'abord il a fait choix, à l'exemple de M. Fenyi, d'un cohéreur constitué par des aiguilles à coudre placées en croix, la pression d'une aiguille sur l'autre étant réglée par le déplacement d'une petite masse de cuivre. Six couples d'aiguilles à coudre sont ainsi disposées en série avec un élément Leclanché qui suffit, tant à l'entretien de l'inscripteur qu'à la décohération : les conditions optimum de l'emploi de ces contacts aiguille sur aiguille comme cohéreur correspondent en effet à 0,25 volt par contact. Dans le circuit de la pile est placé un électro-aimant dont le levier porte, d'un côté, la plume d'enregistrement, de l'autre le marteau frappeur. La figure 4 donne un schéma du dispositif; la

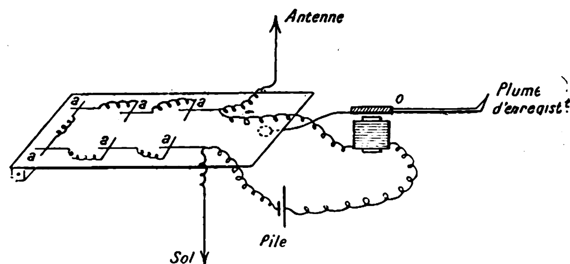


Fig. 4. — Dispositif inscripteur à cohéreur à aiguilles.

figure 5 le représente associé à un baromètre enregistreur Richard sur le tambour duquel les décharges atmosphériques s'inscrivent parallèlement à la pression.

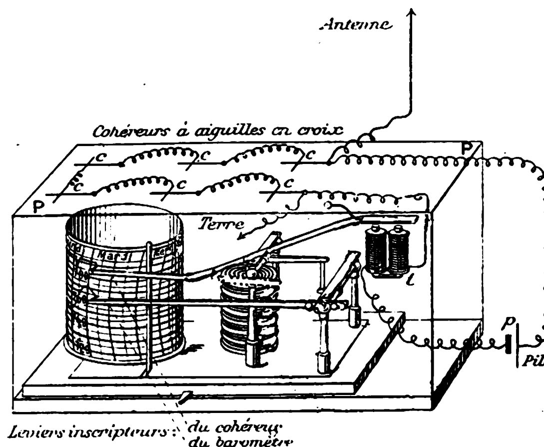


Fig. 5. — Cohéreur à aiguilles associé à un baromètre Richard.

On peut simplifier d'ailleurs la construction du cohéreur à aiguilles en évitant d'avoir à relier par des fils très fins (qui se brisent facilement) les couples successifs d'aiguilles; il suffit de placer les aiguilles en croix comme l'indique la figure 6. On n'a alors besoin que de sept aiguilles au lieu de douze; les trois aiguilles b appuient sur les quatre aiguilles parallèles a et portent de petites masses de cuivre qui assurent la pression; on peut empêcher leur déplacement, tout en les laissant mobiles, par de petits butoirs fixés à la planchette qui supporte le tout.

III. Avec de semblables dispositifs, cohéreurs à

limailles ou à aiguilles, on ne peut guère différencier les décharges successives que par leur fréquence. Il est cependant possible d'obtenir quelques renseignements sur l'approche du temps orageux : pour cela il suffit de

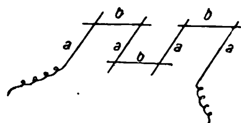


Fig. 6. — Construction simplifiée du cohéreur à aiguilles.

surveiller les variations d'intensité du courant de la pile à travers le cohéreur avant la cohération. On peut inscrire ces variations d'une façon continue en intercalant dans ce circuit un milliampèremètre enregistreur de très faible résistance (soit le type 0-100 milliampères dont la résistance peut être inférieure à 3 ohms, soit le type 0-10 milliampères dont la résistance atteint et dépasse 200 ohms et qu'on doit alors shunter au $\frac{1}{50}$).

Pour faire une étude plus complète des décharges atmosphériques, il est nécessaire de connaître leur énergie. On peut, à cet effet, les faire agir sur un bolomètre disposé ainsi que l'indique la figure 7. Les deux

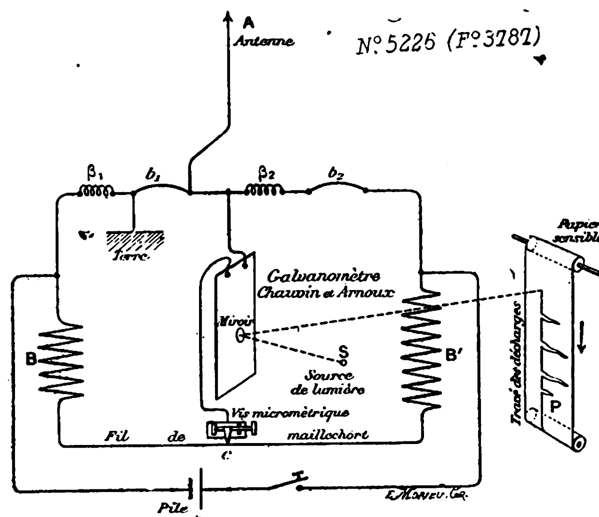


Fig. 7. — Dispositif bolométrique pour enregistrer la puissance des décharges atmosphériques.

fils fins de platine b_1, b_2 sont disposés côte à côte dans un même vase de Dewar, qui les maintient à température constante. L'un d'eux b_1, inséré entre deux bobines de self-induction β_1, β_2 qui s'opposent au passage des ondes électriques, se trouve parcouru par les décharges reçues par l'antenne et qui vont au sol; ce fil b_1 s'échauffe donc. Le pont de Wheatstone, préalablement équilibré par des résistances B, B' faites de fil de maillechort et plongées (ainsi que β_1 et β_2) dans un bain de pétrole pour les soustraire aux variations brusques de température, se trouve alors déséquilibré et le spot lumineux du galvanomètre à miroir se déplace sur un papier photographique. Chaque élongation, étant proportionnelle au carré de la puissance reçue par l'antenne, permet donc de mesurer la puissance de la décharge atmosphérique et, par suite, d'être renseigné sur la distance du nuage orageux.

L'auteur a enregistré de la sorte deux orages factices produits au moyen des décharges d'une machine électrique. Il a pu également s'en servir pour suivre des orages réels, mais alors en supprimant le dispositif d'enregistrement photographique et en observant à l'œil les déplacements du miroir. Le dispositif photographique a en effet l'inconvénient de ne pas permettre l'observation immédiate des décharges à moins de le modifier de telle façon que la bande soit développée au fur et à mesure de son impression, ce qui ne pourrait être réalisé qu'au prix d'une complication de l'appareil assez notable. Une inscription directe des élongations du galvanomètre serait évidemment préférable. Mais les courants qui circulent dans le pont sont de l'ordre du microampère, alors que l'inscription directe n'est pratiquement possible que pour des courants de 1 à 10 milliampères. Toutefois, l'auteur espère vaincre cette nouvelle difficulté par l'emploi de galvanomètres inscripteurs à cadre et à électro-aimant.

COURANTS TELLURIQUES.

Observations sur les courants telluriques entre stations à grande différence d'altitude, par MM. B. BRUNHES et P. DAVID (Communication faite au Congrès de Lille de l'Association française pour l'avancement des Sciences, août 1909). — Dans une Communication faite à la séance du 21 décembre 1908 de l'Académie des Sciences, les auteurs signalaient leurs études, poursuivies depuis 1904, sur les courants telluriques, dans une ligne télégraphique allant de la Faculté des Sciences de Clermont au sommet du Puy de Dôme et appelaient l'attention sur un double caractère de ces courants : 1° grande différence de potentiel normale entre stations extrêmes; 2° valeur exceptionnellement élevée des perturbations par temps de trouble magnétique. Ces deux propriétés semblaient, à priori, corrélatives. Ils ont reconnu, au contraire, qu'elles tiennent à des portions différentes de la ligne.

Pour cela ils ont établi deux prises de terre intermédiaires, l'une à la station de la Font-de-l'Arbre, l'autre au pied du Puy de Dôme, dans la plaine de Laschamps, et mesuré la différence de potentiel moyenne sur chacun des trois tronçons ainsi constitués. Le Tableau ci-après définit la position des prises de terre et donne les différences de potentiel.

Le potentiel à chaque station a une très faible variation diurne par calme magnétique. Mais il y a une variation annuelle qu'il y aura lieu de préciser et qui arrive, parfois, à rendre incertain le sens du courant pris entre Laschamps et la Faculté. En tous les cas, le potentiel passe par un maximum à la Font-de-l'Arbre. Et la grosse différence de potentiel normale existe entre le sommet et le pied de la montagne.

Pour localiser les différences de potentiel occasionnelles provenant des orages magnétiques, les auteurs ont enregistré *à la fois*, pendant un certain nombre de

Station où est une prise de terre.	Altitude.	Distance horizontale du P. de D.	Direction de la ligne droite allant du P. de D. à la station.	Distance horizontale entre deux stations successives.	Direction de la ligne droite allant de chaque station à la suivante.	Différence de potentiel moyenne avec le P. de D.	Différence de potentiel moyenne sur le tronçon.
	m	m		m	°	volt	volt
Puy de Dôme	1465	0				0	
Laschamps	935	1200	S 36° E	1200	S 36 E	+1,8	+1,8
Font-de-l'Arbre	812	3180	E 7° S	2520	E 13 N	+2,0	+0,2
Clermont (Faculté)	400	9850	E	6700	E 3 N	+1,7	—0,3

nuits, en mai et en juin 1909, le courant tellurique sur le tronçon Puy de Dôme à Laschamps (à l'aide du milliampèremètre enregistreur de la station du sommet) et le courant tellurique sur le tronçon Font-de-l'Arbre à la Faculté (à l'aide d'un galvanomètre shunté et de l'enregistrement photographique). On a d'ailleurs pris la précaution d'enregistrer souvent le courant sur la ligne entière avec les deux enregistreurs de type différent, en série aux deux bouts, et de vérifier l'identité des courbes obtenues. De part et d'autre, on graduait les courbes en insérant dans la ligne, durant 5 ou 10 minutes, un accumulateur chargé, ce qui donnait directement, et indépendamment de la résistance des prises de terre, la valeur de l'ordonnée en volts. On a constaté ainsi que tous les troubles magnétiques enregistrés ont donné une perturbation plus forte sur le tronçon Font-de-l'Arbre à la Faculté que sur le tronçon Laschamps au Puy de Dôme, et non seulement plus forte en valeur absolue, mais plus forte rapportée au kilomètre. Par exemple, si l'on prend la nuit du 18 au 19 mai 1909 : le 18, entre 21^h20^m et 21^h28^m, la différence de potentiel sur la ligne Font-de-l'Arbre à la Faculté a varié de 1,875 volt, soit 280 millivolts par kilomètre. Au même moment, le courant sur la ligne Laschamps au Puy de Dôme a subi une variation correspondant à moins de 0,12 volt, soit moins de 100 millivolts par kilomètre.

Les courbes ont été comparées à celles de Tortosa. Le courant Est-Ouest à Tortosa a donné une courbe semblable à celle obtenue par les auteurs, mais avec une amplitude de perturbations beaucoup plus faible. La perturbation de 21^h28^m correspond seulement à 14 millivolts par kilomètre. Par contre, le courant Nord-Sud à Tortosa a présenté, la nuit du 18 au 19, des perturbations atteignant 300 millivolts par kilomètre. La comparaison d'autres périodes troublées a donné des résultats du même ordre.

Le rapprochement des courbes de Tortosa et de celles du Puy de Dôme permettrait de conclure à une absence de proportionnalité entre les composantes perpendiculaires des perturbations aux deux observatoires, c'est-à-dire à une différence dans la direction des courants telluriques, si le tronçon Nord-Sud du Puy de Dôme (ou au moins dont la composante principale est Nord-Sud) n'était pas en même temps très incliné par rapport à l'horizon; il faudrait avoir une ligne Nord-Sud en plaine, ou à peu près, ce qui manque au Puy de Dôme.

Mais une double conclusion s'impose dès maintenant : La sensibilité de la ligne Est-Ouest du Puy de Dôme aux perturbations magnétiques, sensibilité de l'ordre de vingt fois celle de la ligne Est-Ouest de Tortosa, ne tient pas à l'énorme différence d'altitude entre le Puy de Dôme et Clermont. Il est donc raisonnable de penser qu'en d'autres stations on pourra établir des lignes télégraphiques courtes de sensibilité analogue.

Les lignes Est-Ouest sont caractérisées par la faiblesse de la variation diurne des courants telluriques qui les traversent en temps de calme. Tandis que dans les observatoires magnétiques d'Europe, en général, on caractérise comme journées *calmes* (0 de la conférence d'Innsbruck) les journées où les variations accidentelles de la déclinaison, par exemple, n'ont pas atteint le *tiers* (ou, en certains cas, la *moitié*) de l'amplitude de la variation diurne du même élément et comme journées *très troublées* (2 d'Innsbruck) celles où les variations accidentelles ont dépassé l'amplitude de la variation diurne, les auteurs ont été conduits à noter du chiffre 0 les journées où les perturbations sur leur ligne Est-Ouest n'ont pas atteint 50 millivolts par kilomètre, et à réserver le degré 2 aux journées où les perturbations ont dépassé 170 millivolts par kilomètre, alors que l'amplitude de la variation diurne est, au plus, de 25 millivolts par kilomètre. Et la publication trimestrielle du *Caractère magnétique* prouve que ce classement des jours du mois concorde aussi bien avec ceux que donnent les autres observatoires magnétiques, que ceux-ci entre eux.

La recherche des régions où il serait possible d'avoir des lignes dirigées de l'Est à l'Ouest, à faible variation diurne, et à grande sensibilité aux perturbations, recherche qu'autorisent les résultats des auteurs, aurait, à côté d'un intérêt théorique considérable, un intérêt pratique de premier ordre, en fournissant le moyen le plus simple d'inscrire les troubles magnétiques.

VARIÉTÉS. — INFORMATIONS.

EXPOSITIONS.

L'Exposition de Nancy. — Le 1er mai dernier s'est ouverte à Nancy l'Exposition internationale de l'est de la France, organisée par la Municipalité avec le concours de la Chambre de Commerce.

Cette manifestation industrielle prend un intérêt particulier du fait de la région dont Nancy est la capitale. Capitale, Nancy se vante à juste titre d'en être une. Riche de souvenirs historiques dans le passé, Nancy est aujourd'hui un centre, au point de vue scientifique et artistique comme au point de vue industriel. A son Université ont été successivement joints un Institut électrotechnique, un Institut de Mécanique et une École de Brasserie qui fournissent de personnel technique les industriels de la région. Des médecins éminents, des architectes, des artistes de talent, ont créé dans leurs spécialités une École de Nancy dont la valeur n'est pas négligeable. De nombreuses industries existent dans la région. Les salines et les fabriques de produits chimiques s'étendent de Nancy à Lunéville et jusque dans la Lorraine annexée. Les filatures et les tissages et leurs annexes, les blanchisseries et les teintureries qui se sont développées après 1870 de notre côté de la nouvelle frontière, constituent la principale industrie du département des Vosges. Du côté du Nord ce sont la métallurgie et les mines de fer. Les mines les plus anciennes du bassin de la Chiers sont généralement exploitées à ciel ouvert; les plus récemment concédées, celles du bassin de Briey, sont profondes et doivent s'exploiter par puits et galeries. Il faut, dans celles-ci, abaisser le plus possible les frais d'extraction pour que le minerai, malgré sa qualité, soit vendable. En effet, si on l'utilise sur place (et c'est le cas dans le bassin de Longwy et dans les nombreux hauts fourneaux et aciéries de Meurthe-et-Moselle : Pont-à-Mousson, Homécourt, Jœuf, Pompey, Frouard, Neuves-Maisons, etc.), il faut faire arriver des charbons ou des cokes du Nord ou d'Allemagne; sinon, il faut le transporter à proximité de la mine de charbon, et tous ces transports se font exclusivement par chemin de fer.

La mise en valeur des nouvelles concessions du bassin de Briey, qui vient seulement de commencer, fait de cette région une des plus intéressantes à l'heure actuelle, tant au point de vue purement commercial, puisqu'elle constitue un centre de consommation d'outillage, qu'au point de vue technique, puisque les procédés les plus modernes doivent être utilisés.

De récents sondages viennent de montrer que le bassin houiller de Sarrebrück se continue dans la Lorraine française.

En dehors de ces grandes branches d'industries et de leurs annexes, il faut encore faire une place aux papeteries, tanneries et fabriques d'extraits tanniques qui utilisent les bois provenant des forêts de la montagne, et aux stations hydrominérales. A Nancy même, dans l'enceinte de l'Exposition, un sondage poussé à environ 800m de profondeur a permis de trouver une eau minérale qui jaillit en grande quantité à la température de 36° environ.

Cette énumération rapide des grandes industries de l'Est montre qu'au point de vue des applications de l'électricité, la région doit être intéressante. En effet il est peu de grandes usines qui n'aient pas leur station centrale d'énergie électrique et une distribution de force motrice. Toute l'industrie métallurgique utilise naturellement de préférence des moteurs à gaz de hauts fourneaux dans ses groupes électrogènes. Ailleurs on rencontre presque exclusivement les moteurs à vapeur et relativement peu d'installations hydrauliques.

L'Exposition de Nancy est installée dans ce qu'on appelle le parc Sainte-Marie et le terrain Blandan. L'entrée principale est marquée par une porte monumentale, véritable chef-d'œuvre métallurgique, exécutée par les Aciéries de Pompey. Après être passé entre le Village alsacien et les bâtiments de la nouvelle École des Beaux-Arts, on arrive dans le parc Sainte-Marie, sur lequel sont installés quelques pavillons particuliers et les attractions. Par derrière se trouve l'Exposition industrielle proprement dite.

C'est dans cette partie seulement que nous nous arrêterons pour noter les choses intéressantes ou nouvelles dans les branches qui peuvent intéresser l'électricien et nous commencerons par la station centrale.

La distribution de l'électricité dans l'Exposition se fait à courant continu et à 220 volts. Elle est assurée par une station centrale à vapeur, comportant quatre groupes; le secteur urbain sert de secours.

Contrairement à ce qui se fait généralement, les chaudières ne marchent pas en parallèles, de sorte que chaque groupe est isolé jusqu'au tableau des départs de la distribution.

Les groupes sont les suivants :

a. Machine à vapeur Berger-André; dynamos Thomson-Houston; chaudière Grille-Stofft.

b. Turbine à vapeur *Electra* et génératrice de la Compagnie générale électrique; chaudières Leflaive; condenseur Westinghouse-Leblanc.

c. Turbine à vapeur, machine à vapeur équicourant, dynamos génératrices, alternateur, transformateur et convertisseur, chaudière Garbe de la Société alsacienne de Constructions mécaniques; condenseur Westinghouse-Leblanc.

d. Machines à vapeur Dujardin; dynamo génératrice Fabius-Henrien; chaudière Mathot.

La chaufferie est desservie par une cheminée Prat, unique, dont le ventilateur est actionné électriquement. Le charbon est amené par un transporteur aérien électrique Tourtellier.

Le tableau de distribution comprend cinq panneaux,

un pour chacun des groupes, et un panneau de départ.

La salle des machines est desservie par un pont roulant électrique de la Société des Appareils de levage.

Pour entrer dans cette salle, on traverse le stator d'un alternateur de 1900 kilowatts complètement bobiné que la Société alsacienne a installé comme porte monumentale.

La puissance totale disponible à la station centrale dépasse un peu 2000 kilowatts. La charge journalière varie entre 300 et 750 kilowatts.

Nous donnerons dans un prochain article quelques renseignements de détails sur le matériel exposé.

GOUREL.

LÉGISLATION, RÉGLEMENTATION.

Décret du Ministre du Travail et de la Prévoyance sociale relatif aux déclarations à effectuer en Algérie par les chefs d'établissements industriels et commerciaux en ce qui concerne les accidents survenus à leurs employés et ouvriers.

Ce décret, auquel sont annexés les modèles de:

Déclaration d'accident du travail;
Récépissé de déclaration d'accident du travail;
Procès-verbal de déclaration d'accident du travail;
Dépôt de certificat médical;
Récépissé de certificat médical;
Avis de déclaration d'accident du travail, transmis au service d'inspection;

a été promulgué le 1er août 1909 et inséré au *Journal officiel* du 4 août. Il entrera en vigueur le 1er septembre 1909.

Circulaire du Ministre du Travail, en date du 14 juin 1909, relative à l'installation des appareils d'arrêt de machines motrices.

Note préliminaire. — Par un décret en date du 7 décembre 1907 (1), le Ministre du Travail a prescrit de placer toujours l'appareil d'arrêt des machines motrices sous la main des conducteurs qui dirigent ces machines, et en dehors de la zone dangereuse.

En notifiant ce décret aux inspecteurs divisionnaires du travail, par une Circulaire du 15 janvier 1908 (2), le Ministre en expliquait la portée dans les termes suivants :

« Le décret de 1904 interdisait seulement, dans son article 12 (§ 4), l'emploi habituel des ouvriers dans le plan de rotation ou aux abords immédiats d'un volant, d'une meule ou de tout autre engin pesant et tournant à grande vitesse.

» Sur ce point particulier, le nouveau décret, dans son article premier, ajoute aux prescriptions antérieures d'autres mesures ayant pour objet, les unes de protéger plus efficacement les travailleurs contre les dangers qui résultent de l'éclatement des meules, et les autres de diminuer le risque d'éclatement des meules, volants et autres engins industriels animés d'un mouvement de rotation rapide et susceptibles de se rompre sous l'action de la force centrifuge.

» Le décret du 17 décembre 1907 modifie, en outre, par son article 2, le paragraphe premier de l'article 14 du décret de 1904 en prescrivant que l'appareil d'arrêt des machines motrices sera toujours placé non seulement sous la main des conducteurs qui dirigent les machines, mais encore en dehors de la zone dangereuse en cas d'emballement.

» Cette prescription n'a pas seulement pour objet de mettre, dans toute la mesure du possible, les conducteurs à l'abri des dangers résultant de la rupture des volants ou autres organes des machines motrices; elle tend également à placer en dehors de la zone dangereuse l'appareil d'arrêt dont le maniement doit toujours être possible et sans danger pour sauvegarder la sécurité de l'ensemble du personnel.

» Vous aurez à prendre les mesures nécessaires pour assurer, aux divers points de vue envisagés ci-dessus, la stricte application des nouvelles dispositions, qui ont pour objet de prévenir les accidents, généralement très graves, qu'entraîne la rupture des engins pesants tournant à grande vitesse. »

C'est pour compléter ces instructions que le Ministre du Travail vient d'adresser le 14 juin aux inspecteurs la Circulaire dont nous reproduisons le texte ci-après. Cette Circulaire vise le cas où, par suite des nécessités de l'installation, les appareils ordinaires de manœuvre ne peuvent être placés dans les conditions exigées par le décret. Des appareils d'arrêt distincts sont alors exigés.

Circulaire du 14 juin 1909.

« J'ai été consulté à plusieurs reprises sur la véritable portée de l'article 2 du décret du 7 décembre 1907, qui a modifié le paragraphe premier de l'article 14 du décret du 20 novembre 1904 en prescrivant que l'appareil d'arrêt des machines motrices sera toujours placé non seulement sous la main des conducteurs qui dirigent ces machines, mais encore en dehors de la zone dangereuse en cas d'emballement.

» Le Comité consultatif des Arts et Manufactures, à qui j'ai soumis l'examen de cette question, a estimé qu'il convient de ne pas faire de confusion entre l'appareil d'arrêt et les appareils de manœuvre, et il a émis l'avis que « l'appareil » d'arrêt » mentionné dans le décret n'est pas nécessairement l'organe ordinaire de manœuvre, mais, comme son nom l'indique, un appareil permettant l'arrêt de la machine et généralement disposé pour être mis rapidement en action dans le cas d'un danger imprévu.

» Il résulte de cet avis que, si des nécessités d'installation contraignent à placer les appareils ordinaires de manœuvre dans des conditions qui ne satisferaient pas aux exigences du décret, il y aurait lieu de remédier à cette situation en installant des appareils d'arrêt distincts.

» J'ai l'honneur de vous informer que j'ai adopté cette manière de voir et je vous prie d'interpréter dans ce sens le décret du 7 décembre 1907 et les instructions contenues dans ma Circulaire du 15 janvier 1908. »

JURISPRUDENCE ET CONTENTIEUX.

Extrait du procès-verbal de la séance du 5 juillet 1909 du Comité consultatif du Syndicat Professionnel des Usines d'Électricité.

Présent : MM. Frénoy, président; Cochegrus, Sirey; Fontaine, secrétaire général.

Absents excusés : MM. de Clarens, Doucerain, Duvaux, Hussenot, Philippart.

CONSEIL D'ÉTAT. — M. le Secrétaire général communique au Comité les arrêts suivants : 22 janvier 1909, Compagnie des Messageries maritimes contre l'État, grève générale des états-majors des Compagnies de navigation, force majeure (Circulaire n° 29 du Syndicat professionnel de l'Industrie du Gaz). — 15 février 1909, Société anonyme d'éclairage par le gaz de Cognac contre Ministre des Finances, valeur locative servant

(1) Voir *Bulletin du Syndicat Professionnel des Industries électriques* de décembre 1907, p. 362.

(2) *Bulletin de l'Inspection du travail*, 1908, p. 2.

de base à l'imposition. — 17 février 1909, Société anonyme des Usines réunies contre Ministre des Finances, patente, décharge du droit sur l'habitation du directeur (Circulaire n° 37 du Syndicat professionnel de l'Industrie du Gaz). — 29 février 1909, Compagnie transatlantique et Compagnie de navigation mixte contre l'État: Services maritimes postaux, grève des états-majors, offre par l'État du concours des officiers de la marine nationale, non-cas de force majeure (Circulaire n° 30 du Syndicat professionnel de l'Industrie du Gaz). — 5 mars 1909, commune de Vence contre Pascal, concession d'éclairage électrique, achat de courant par le concessionnaire, interprétation de traité, non-obligation de construire une usine complémentaire (Circulaire n° 38 du Syndicat professionnel de l'Industrie du Gaz). — 19 mars 1909, ville de Lyon contre Compagnie du Gaz de Lyon et Société lyonnaise des Forces motrices du Rhône, rupture d'une conduite d'eau voisine d'une conduite de gaz; responsabilité de la Compagnie du Gaz (Circulaire n° 32 du Syndicat professionnel de l'Industrie du Gaz). — 26 mars 1909, Provencher contre Ville de Paris, travaux publics, indemnité, nécessité d'un dommage né et actuel (*Loi*, 11 mai 1909). — 30 avril 1909, Société des Travaux d'assainissement de Toulon contre Rimbaud, travaux publics, entrepreneur, convention, responsabilité, commune, mise hors de cause (*Loi*, 24 mai 1909).

Cour de cassation. — Il est donné connaissance au Comité des arrêts suivants :

17 juillet 1908, Ministère public contre Dubar et Cie, infraction à la loi du 12 juin 1893 sur l'hygiène et la sécurité (Circulaire n° 20 du Syndicat professionnel de l'Industrie du Gaz). — 28 novembre 1908, Ministère public contre Durand, infraction à la loi du 2 novembre 1892, cabinets d'aisances, dépendances des ateliers (Circulaire n° 21 du Syndicat professionnel de l'Industrie du Gaz). — 16 décembre 1908, Floutier contre Daumas et Fabre, contrat individuel dérogeant aux conditions d'un contrat collectif (Circulaire n° 22 du Syndicat professionnel de l'Industrie du Gaz). — 23 décembre 1908, Poilleux contre Minette, contrat particulier entre un adjudicataire et un ouvrier (Circulaire n° 23 du Syndicat professionnel de l'Industrie du Gaz). — 1er mars 1909, commune de Thézan-les-Béziers contre Arnaud, eaux, cours d'eau non navigable, loi du 8 avril 1898, expropriation antérieure, inapplicabilité (*Loi*, 19 juin 1909). — 3 mars 1909, l'Omnium lyonnais contre Enregistrement, enregistrement, valeur mobilière, taxe d'abonnement, improductivité de deux ans, émissions successives, abonnements différents, calcul de l'exemption (Circulaire, *Loi*, 24 avril 1909).

Cour d'appel. — Sont communiqués les arrêts ci-dessous : Aix, 25 février 1909, commune de Barbentane contre Chambereau, commune, responsabilité, attroupements, pillage, municipalité, inertie, défaut de précautions, dommages-intérêts (*Loi*, 26 mai 1909). — Orléans, 28 mai 1909, Sevault et consorts contre Bauge et son liquidateur, liquidation judiciaire, remise d'un chèque par le liquidé, jugement déclaratif, provision existante, propriété du porteur, individualité persistante de la provision, revendication par le porteur, caisse du tiré, caisse du tireur ou du liquidateur (*Loi*, 16 juin 1909).

Tribunaux civils. — Les jugements suivants sont soumis au Comité consultatif :

19 mai 1908, Seine, éclairage électrique, fils, voie privée, pose, propriétaire du sol, demande d'enlèvement, autorisation donnée par un riverain, faute, dommages-intérêts, recours contre la Compagnie d'éclairage, rejet. — 2 juin 1908, Seine, Trévaux et Testard contre Chabrat, convention intersyndicale opposable seulement à ceux qui y ont été parties, prix de salaires en usage au moment de l'embauchage (Circulaire n° 24 du Syndicat professionnel de l'Industrie du Gaz). — 17 décembre 1908, Valenciennes, Ministère public contre Werth, jeunes ouvriers, travail de nuit, tolérance du décret du 15 juillet 1893, responsabilité des chefs immédiats et effectifs des services (Circulaire n° 25 du Syndicat professionnel de l'Industrie du Gaz). — 14 janvier 1909, sieur Bardot contre Société des Grands Moulins de Gray, concession d'éclairage électrique par une commune, canalisation de gaz existant sur la grande voirie en vertu d'autorisations préfectorales, maintien de ces canalisations (Circulaire n° 40 du Syndicat professionnel de l'Industrie du Gaz).

Justices de paix. — M. le Secrétaire soumet au Comité les jugements suivants :

8 mars 1909, La Rochelle, Compagnie générale des travaux d'éclairage et de force contre ville de La Rochelle, canalisation électrique aérienne, application aux conducteurs électriques des droits d'octroi sur les métaux, cuivre, plomb, fer, etc. (Circulaire n° 33 du Syndicat professionnel de l'Industrie du Gaz). — Eu, 5 février 1909, Ministère public contre directeur de la Compagnie du Gaz, application de la loi sur le repos hebdomadaire (Circulaire n° 34 du Syndicat professionnel de l'Industrie du Gaz).

Tribunal de simple police. — Il est rendu compte du jugement du Tribunal de Nesle, 5 mai 1909, Ministère public contre L..., procès-verbaux, force probante, contravention, faits dénoncés par les tiers, garde des eaux et forêts, appréciation personnelle (*Loi*, 15 juin 1909).

Interprétation de traités d'électricité. Choix du matériel. — Répondant aux questions posées par un adhérent, le Comité consultatif, après examen des documents communiqués, donne l'avis suivant :

1° Étant donnée la clause de l'article 15 du cahier des charges, il ne semble pas que la ville en question ait le droit d'appliquer cette clause au cas de remplacement de machines à vapeur par des moteurs à gaz pauvre pour la production de l'éclairage. En effet, il est dit dans l'article 15 que la découverte doit être de nature à apporter une amélioration sensible dans l'éclairage électrique ou une économie. Il semble donc qu'il s'agit de perfectionnements dans les appareils d'éclairage et non dans le remplacement apporté dans le mode de production au moyen de moteurs suffisamment connus.

2° *Lampes*. — Pour le second point, c'est-à-dire le remplacement éventuel des lampes à incandescence actuelles par des lampes à filament métallique, il semble que la Municipalité serait mieux en droit d'appliquer l'article 15 s'il était techniquement démontré qu'il y eût

économie dans l'emploi de ces nouveaux appareils d'éclairage.

Il y a lieu de noter que, d'après l'article 15, la ville devrait prendre à sa charge les frais occasionnés par la nouvelle installation, et que, dans tous les cas, elle devrait assurer au concessionnaire une redevance annuelle qui ne serait pas inférieure à 12000^{fr}.

Lampes. — Après examen des questions posées par un adhérent du Centre, le Comité consultatif répond comme suit :

1° Dans un cas analogue, les lampes ont été considérées comme hors de service dès lors qu'elles ne donnaient plus, par suite de l'usure, un pouvoir éclairant suffisant (Cons. de préf. du Calvados, 20 juillet 1907, aff. Deplanque c. ville d'Orbec; rapp. d'expert; *voir* Cons. d'État, 31 mai 1907, aff. Deplanque c. commune de Noyon).

2° En principe, les permissions de voirie données comme conséquence d'une concession d'éclairage cessent en même temps que la concession. Dans le cas où l'ancien concessionnaire refuserait d'enlever ses canalisations, la commune pourrait être actionnée en dommages-intérêts par le nouveau concessionnaire et elle pourrait elle-même appeler l'ancien concessionnaire en garantie (*voir* Cons. d'État, 20 mai 1881, ville de Crest).

3° Il ne paraît pas douteux que la juridiction administrative estimerait qu'il s'agit d'un voltmètre. Si le traité de concession prévoit l'installation d'un voltmètre à la mairie, le concessionnaire doit se conformer à cette obligation (*voir* Cons. de préfect. du Calvados, 20 juillet 1907, cité plus haut).

Interprétation de traités de gaz. Force motrice. — Le Comité consultatif, après délibération sur les questions posées, donne l'avis ci-dessous :

1° De la combinaison des articles 1 et 7 du traité du gaz, il résulte que la Compagnie du gaz est concessionnaire d'un privilège exclusif pour l'éclairage public et particulier, sous la condition de faire profiter la ville et l'éclairage particulier des avantages d'un nouveau système d'éclairage et spécialement de l'éclairage électrique, dans les conditions prévues à l'article 7.

Mais, en ce qui concerne la distribution de l'énergie électrique pour la force motrice, l'application des clauses de l'article 7 (§ 7) reviendrait à constituer un monopole de force motrice électrique au profit du concessionnaire; or l'article 8 (§ 2) de la loi du 15 juin 1906 est absolument formel : le privilège qu'une commune peut concéder pour l'éclairage privé par l'électricité ne peut « s'étendre à l'emploi de l'énergie à tous usages autres que l'éclairage, ni à son emploi accessoire pour l'éclairage des locaux dans lesquels l'énergie est ainsi utilisée ».

Par conséquent, si l'on tient compte de cette circonstance que le traité où se trouve cette clause attributive de monopole de distribution d'énergie électrique pour la force motrice, est postérieur à la loi de 1906, ladite clause doit être considérée comme illégale et non écrite. Cette clause ne saurait donc mettre obstacle à l'attribution, au profit d'un autre concessionnaire que la Compagnie du gaz, d'une concession de distribution d'énergie électrique pour la force motrice.

2° Une clause illégale contenue dans un traité de concession ne saurait obliger la commune concédante; en conséquence, dans le cas d'une action en dommages-intérêts intentée par la Compagnie du gaz à la commune, à raison de la non-exécution d'une telle clause, la commune ne saurait être condamnée à des dommages-intérêts.

3° De ce qu'il résulte, des articles 1 et 7 du traité du gaz combinés, une constitution d'un privilège exclusif pour l'éclairage public et privé au profit de la Compagnie du gaz, non seulement pour l'éclairage au gaz, mais même pour tout autre système et, en particulier, pour l'éclairage électrique qui peut être imposé par la ville au concessionnaire dans des conditions déterminées, il doit s'ensuivre que le contrat passé entre la Compagnie du gaz et la ville doit mettre obstacle à l'attribution d'une concession de distribution d'énergie électrique pour l'éclairage.

Toutefois, dans le cas où une expertise ordonnée par le Conseil de préfecture (et non par le président du Tribunal civil, ce qui serait contraire aux règles de la compétence administrative) viendrait à démontrer que les conditions d'économie prévues par l'article 7 se trouveraient réalisées par l'emploi de l'énergie électrique pour l'éclairage public et particulier, la ville aurait le droit de prononcer la résiliation du traité pour inexécution (sauf à faire régler administrativement le différend par le Conseil de préfecture, avec recours au Conseil d'État, en cas de contestation de la Compagnie du gaz), conformément à l'article 19, et, en conséquence, elle recourrait à qui bon lui semblerait.

4° Il résulte de ce qui précède que, dans le cas où la ville accorderait une concession de distribution d'énergie électrique pour l'éclairage privé, malgré les stipulations de l'article 7 du traité du gaz, elle s'exposerait à une action en dommages-intérêts de la part de la Compagnie du gaz qui aurait toute chance de gagner son procès.

Caractère de la prorogation d'une concession. — Le Comité consultatif répond comme suit aux questions posées par une station centrale d'électricité de l'Ouest.

Bien que la loi de 1906 et les règlements d'administration publique n'indiquent pas que les prorogations de concession devront être traitées, au point de vue de l'application du cahier des charges type, comme des concessions nouvelles, nous considérons comme très probable que l'administration supérieure tiendra à ce que les traités de prorogation de concession d'éclairage électrique soient considérés comme traités passés pour une concession nouvelle.

Dans tous les cas, comme l'administration supérieure représentée par le préfet n'est jamais obligée d'accorder son approbation à un cahier des charges de concession communale, la ville et la société d'électricité, si elles se trouvaient en présence d'un refus d'approbation du préfet au traité de prorogation de l'éclairage électrique pour non-conformité au cahier des charges type, n'auraient d'autre voie de recours que de s'adresser au Ministre, en tant que supérieur hiérarchique du préfet; le Ministre compétent dans l'espèce serait le Ministre de l'Intérieur, qui prendrait certainement l'avis du

Ministre des Travaux publics, auteur du cahier des charges type.

Caractère d'un monopole. — Le Comité consultatif, connaissance prise des questions posées par un adhérent et du cahier des charges, donne la réponse ci-dessous :

1° D'après la jurisprudence du Conseil d'État, il n'y a pas lieu, pour apprécier l'étendue du monopole d'éclairage public et privé d'une Compagnie d'éclairage au gaz, de faire une distinction entre les canalisations aériennes et les canalisations souterraines : il s'agit *du privilège de la canalisation pour l'éclairage*. Ce privilège s'oppose à l'établissement d'une concurrence par l'éclairage électrique pour le service des particuliers.

2° Les articles 10 et 11 du traité ne prévoient que l'application des perfectionnements de l'éclairage au gaz.

L'article 12 donne à la ville le droit de mettre son concessionnaire du gaz en demeure d'adopter l'éclairage électrique à des conditions à fixer à l'amiable, à la condition que l'éclairage par l'électricité donne un avantage d'au moins 30 pour 100 sur l'éclairage au gaz.

Dans le cas où la Compagnie du gaz ne pourrait s'entendre avec la ville, celle-ci aurait le droit de mettre la concession de l'électricité en adjudication publique sur les bases offertes à l'amiable à la Compagnie du gaz qui aura le droit de prendre part à l'adjudication, sans perdre pour cela ses droits à la reprise par la ville de l'usine, des conduites et du matériel de l'éclairage au gaz à dire d'expert.

Interprétation de police. — Après examen de la police communiquée, le Comité consultatif donne l'avis ci-dessous :

En principe, lorsqu'un abonné se plaint d'arrêts produits dans le service de son éclairage, il doit commencer par se mettre en mesure d'en faire la preuve, notamment au moyen de constats par huissier. A plus forte raison, s'il prétend que ces arrêts ont été voulus et proviennent d'une intention dolosive, doit-il également en faire la preuve.

L'entrepreneur de l'éclairage, en cas de court-circuit, peut toujours invoquer les articles 1147 et 1148 du Code civil visant la cause étrangère au débiteur, ainsi que le cas fortuit et la force majeure.

Au surplus, la police d'abonnement qui doit former la loi entre l'entrepreneur de l'éclairage et l'abonné contient un article 10, aux termes duquel, « lorsqu'une interruption d'éclairage se produira, il sera fait sur le prix de l'éclairage une réduction proportionnelle à la durée de l'interruption ».

Cette clause a le caractère de clause pénale (articles 1226 et suivants du Code civil); elle ne peut être modifiée par le juge si l'obligation principale a été exécutée en partie (art. 1231 du Code civil).

En conséquence, il ne saurait être alloué à l'abonné qu'une réduction proportionnelle à la durée de l'interruption, ainsi du reste qu'il a été fait, paraît-il, pour les autres abonnés dans le même cas.

Enregistrement de contrat. — Répondant à la question d'un membre du Syndicat, le Comité consultatif indique qu'en principe il s'agit dans l'espèce d'une vente mobilière et que le droit d'enregistrement concernant une telle vente est de 2 pour 100 avec les décimes.

Élagage d'arbres. — Le Comité consultatif répond comme suit aux questions posées par une Société adhérente :

En l'absence de jurisprudence, il semble que :

1° L'élagage doit être à la charge de la commune, si les arbres ont été plantés depuis l'installation des lignes du concessionnaire;

2° L'élagage doit être à la charge du concessionnaire si les arbres étaient déjà plantés au moment où il a installé ses fils sur la voie publique; c'était alors au concessionnaire à prévoir la nécessité de l'élagage et à faire régler la question par le contrat de concession.

Application de la loi du 15 juin 1906. — Le Comité consultatif donne l'avis ci-après sur les questions posées par un adhérent de l'Est.

La loi du 15 juin 1906 ne contient aucune clause de nature à être interprétée comme empêchant une commune d'allouer une subvention à son concessionnaire. Toutefois, il y a lieu d'envisager deux cas : 1° si la subvention est donnée une fois pour toutes comme frais de premier établissement, il y aurait lieu de faire approuver le cahier des charges par décret du Conseil d'État, puisqu'il y aurait ainsi une dérogation au cahier des charges type et que toute dérogation doit être approuvée par décret; 2° si, au contraire, la subvention était stipulée comme prix d'une fourniture faite à la commune, elle pourrait être réglée directement par la commune avec le concessionnaire dans les termes de l'article 12, note 3, du cahier des charges spécial aux conditions de l'éclairage public.

Vidage d'un bief. — Le Comité consultatif, après examen des questions posées qui sont très complexes et l'étude des diverses hypothèses qui peuvent se présenter pour la recherche des cadavres, indique que l'usinier pourrait toujours pour éviter des abus :

1° Dans le cas où le maire agit pour cause de salubrité, exiger que le maire agisse par voie d'arrêté; en pareil cas l'usinier pourrait en référer immédiatement au préfet, en lui demandant l'annulation de l'arrêté;

2° Dans le cas où le maire agit comme agent du pouvoir judiciaire, exiger une réquisition du procureur de la République ou de son représentant au parquet; de même si l'ordre de vider le bief est donné par la gendarmerie;

3° Prévenir au besoin le préfet et le procureur de la République que désormais le bief ne sera vidé que sur arrêté du maire maintenu par le préfet, ou sur une réquisition du procureur de la République en cas de flagrant délit, ou du juge d'instruction s'il n'y a pas flagrant délit, et sous réserve de demande d'indemnité à qui de droit pour le préjudice causé.

Vols d'électricité. — Le Comité consultatif donne la réponse ci-dessous aux questions posées par une Société électrique de la région du Sud-Est.

D'après les termes de l'article 25 de la loi du 15 juin 1906, il semble que les gardes particuliers assermentés devraient être chargés surtout de la surveillance et de la police des lignes de distribution et non des installa-

tions intérieures. Il est possible qu'en ce qui concerne la constatation de vols d'électricité ou de fraudes quelconques chez les abonnés, les parquets et les tribunaux fassent des difficultés pour poursuivre sur leurs procès-verbaux.

Il y a des périodes de l'année où les huissiers peuvent dresser des constats aux heures d'éclairage, tout en opérant aux heures légales. C'est ainsi que du 1er octobre au 31 mars les heures légales s'étendent de 6h du matin à 6h du soir; il y a des jours d'hiver où l'huissier peut opérer utilement avant 6h du soir (*voir* art. 1037 C. proc.; art. 25 C. pén.).

Communications diverses. — M. le Secrétaire dépose sur le bureau le numéro de la *Revue des concessions départementales et communales* d'avril 1909 qui contient notamment un arrêt de la Cour d'appel de Bordeaux du 3 mars 1909, Préfet de la Gironde et Administration des Postes et Télégraphes c. Assurances générales et Société d'éclairage électrique de Bordeaux et du Midi.

Accidents du travail. — M. le Secrétaire communique au Comité les espèces suivantes :

Cour de cassation, 10 février 1909, veuve Bazille c. veuve Crétu et Cie et Compagnie l'Urbaine : accident du travail, demande en revision, veuve, revisions successives, délai non prorogé (*Loi*, 2 juin 1909).

Cours d'appel, Poitiers, 10 février 1909, Arnoux c. Grellier : accident du travail, équipe d'ouvriers, association, égalité des membres, absence du patron, ouvrier de passage, loi de 1898, inapplicabilité (*Loi*, 8 mai 1909). Bourges, 27 avril 1909, Arrighi c. Rochois : accident du travail, perte de l'œil, capacité professionnelle, frais médicaux, arrêté du 30 septembre 1903, application (*Loi*, 30 juin 1909). Tribunal civil, Pontoise, 16 mars 1909, Dr Chazet c. Minangoy : accident du travail, médecin choisi par le patron, honoraire, demande en paiement, compétence du juge de paix (*Loi*, 19 mai 1909).

Tribunal correctionnel, Seine, 24 mai 1909, Pellerin c. Lavieille et Dr Sainmont : accident du travail, médecin, certificats, attestations, fausseté, faits matériels, ouvrier, prétendue invalidité, travail régulier, escroquerie, complicité, condamnation (*Loi*, 25 mai 1909).

CHRONIQUE FINANCIÈRE ET COMMERCIALE.

Nouvelles Sociétés. — *Société en nom collectif Caillard et d'Hanens*, accumulateurs électriques. Siège social : 7, rue de Courcelles, à Levallois-Perret. Durée : 20 ans. Capital : 70000fr.

Société d'Électricité de la Marche et du Limousin. Siège social : 364, rue Lecourbe, Paris. Capital : 130000fr.

Société des Secteurs Blayais réunis. Siège social : rue Vivienne, 51, Paris. Capital : 500000fr.

Société d'Électricité de Saint-Germain-en-Laye. Siège social : 73, boulevard Haussmann, Paris. Capital : 1000000fr.

Omnium d'installations électriques. Siège social : 12, rue de Logelbach, Paris. Capital : 50000fr.

Société électrique de Binic, Étables, Saint-Quay-Portieux. Siège social : 7, boulevard Thiers, à Saint-Brieuc (Côtes-du-Nord). Capital : 150000fr.

Compagnie continentale Edison. — Du Rapport présenté par le Conseil d'administration à l'Assemblée générale ordinaire du 19 mai 1909, nous extrayons ce qui suit :

COMPTE DE PROFITS ET PERTES.

Crédit.

Intérêts des fonds disponibles	130776fr,01
Produit des valeurs de portefeuille	644214,55
Bénéfice d'exploitation	2307320,39
Produit de la vente des branchements, compteurs, bâtiments, matériel, etc	1501203,92
Divers	10237,12
	4593751,99

Débit.

Frais généraux	290746fr,30	
Redevance aux parts de fondateur	3083,40	
Subvention de la Compagnie pour la retraite du personnel en 1908	40793,82	
Première annuité pour la rétroactivité de la retraite du personnel ouvrier	12133,32	
Divers	35288,56	382045,40
Bénéfice net		4211706,59

RÉPARTITION.

Du bénéfice net de	4211706,59
afférent à l'exercice 1908, il y a lieu de déduire pour la réserve légale 5 pour 100	210585,33
En y ajoutant le report de l'exercice 1907	48304,43
on obtient un total de	4049425,69
sur lesquels il y a lieu de prélever d'abord l'intérêt de 6 pour 100 dû aux actions	600000 »
Reste	3449425,69

Sur ce surplus, nous vous proposons de répartir, dans les proportions indiquées à l'article 43 des statuts, 3400000fr dont :

1° 15 pour 100 pour le Conseil d'administration	510000fr	
2° 50 pour 100 pour les actionnaires comme dividende supplémentaire	1700000	
3° 35 pour 100 pour les parts de fondateur	1190000	3400000 »
Et de reporter à nouveau		49425,69

La part revenant aux actions sera ainsi de

$$600000 + 1700000 = 2300000^{fr},$$

soit 115fr par action, sur lesquels un acompte de 30f a été distribué le 1er janvier 1909. Il revient donc un solde de 85fr par action (sous déduction de l'impôt) payable à partir du 1er juillet 1909.

Les parts de fondateur auront à se partager :

1° Le montant des redevances acquises conformément à l'article 42 des statuts	3083,40
2° La part leur revenant en vertu de l'article 43	1190000 »
Total	1193083,40

soit, pour chacune des 14000 parts, 85fr,22 (sous déduction de l'impôt) à payer le 1er juillet 1909).

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1908.

Actif.

	fr
Banques et caisses	3268119,62
Valeurs de portefeuille	10991108,40
Comptes débiteurs	2198842,25
Approvisionnements en magasins	424806,91
Immobilisations : terrains, bâtiments, usines et installations d'électricité	619595,95
Loyers d'avance, installation et mobilier du siège social	21526 »
Impôts et droits de transmission à recouvrer	169872,93
	17693872,06

Passif.

Capital social	10000000 »
Fonds d'amortissement du capital	11342,70
Réserve légale	856498,85
Comptes créditeurs et dépenses non réglées au 31 décembre 1908	2520409,95
Redevance aux parts de fondateur et dividendes restant à payer	45609,54
Profits et pertes	4260011,02
	17693872,06

Avis commerciaux. — RAPPORTS COMMERCIAUX DES AGENTS DIPLOMATIQUES ET CONSULAIRES DE FRANCE ([1]). — N° 807. *Allemagne.* — Le développement de la marine commerciale allemande depuis 10 ans.

N° 808. *Turquie.* — Le commerce international de l'île de Rhodes en 1907. — Mouvement maritime en 1907-1908.

Cours officiels, à la Bourse de Londres, du cuivre « Standard » et du cuivre électrolytique. — Du 9 au 20 août 1909 ces cours ont été :

DATES.	CUIVRE « STANDARD ».	CUIVRE ÉLECTROLYTIQUE.
	£ sh d	£ sh d
9 août 1909	58 12 6	60 5 »
10 » »	58 17 6	60 10 »
11 » »	60 » »	61 15 »
12 » »	60 7 6	61 10 »
13 » »	59 17 6	61 5 »
16 » »	59 17 6	61 » »
17 » »	59 13 9	60 15 »
18 » »	59 11 3	61 » »
19 » »	59 6 3	60 10 »
20 » »	59 1 3	60 10 »

NOTA. — La Bourse de Londres est fermée le samedi.

ÉCOLES.

École supérieure d'Électricité. — Voici la liste des élèves de la quinzième promotion (1908-1909) qui ont obtenu le diplôme d'ingénieurs électriciens :

MM.	MM.	MM.
Bommelaer.	Baudouin.	Lauprètre.
Gaudouin.	Martinroche.	Cheilletz.
Poncet.	Gentet.	De Lassus.
Marc.	Spitzer.	De Vallée.
Stiffel.	Avocat.	Clermont.
Leblond.	Rodet.	André.
Tissier.	Merlet.	Guérin.
Legay.	Combemale (H.).	Rieux.
Guelpa.	Chalon.	Le Bœuf.
Renard.	Cochin.	Doussot.
Piroëlle.	Bellon.	Krausbar.
Décorat.	Locquin.	Depoix.
Blain.	Passini.	Sarazin.
Argyropoulos.	Miclesco.	Boussion.
Laüt.	Caire.	Flix.
Moreau.	Campanakis.	Tavernier.
Polack.	Cayol.	Réthaller.
Foucher.	De Beaufort.	Jarlaud.
Michard.	Leson.	Lecomte.
Landon.	Quiroga.	Faucompré.
Fabre.	Amiaud.	Saudau.
De Coninck.	Florence.	François.
Mornet.	Montaron.	Dujardin.
Rios Cogollos.	Ehrmann.	Chardin.
Digeon.	Lecocq.	De Marignan.
Constans.	Potentier.	Mangue.
Paquier.	Guibert.	Lambrey.
Budeanu.	Odin.	Kouzmine.
Niqueux.	Cheurlot.	Hardouin-Duparc.
Fatalot.	Combemale (M.).	Audoux.
Vignon.	Racine.	Pannelier.
Chalmel.	Oboukhoff.	Benard.
Villeneuve.	Crouzat.	Sauze.

Anciens élèves : MM. Guitard, de Lapasse.

Vétérans : MM. Goudet, Bucquet, Cunéo d'Ornano, de Beauvallon, Vermain.

Officiers délégués par le Ministère de la Guerre : MM. les capitaines Dorido et Sédillot, le lieutenant Gérard-Hirne.

Élèves-ingénieurs délégués par le Ministère des Postes et des Télégraphes : MM. Gilles, Le Normand, Jourdan, Charruau, Dordelu, Reynaud-Bonin, Cornet.

([1]) Ces documents sont tenus à la disposition des adhérents qui désireraient en prendre connaissance au Secrétariat général du Syndicat des Industries électriques, 11, rue Saint-Lazare.

Paris. — Imprimerie GAUTHIER-VILLARS, quai des Grands-Augustins, 55.

43751 *Le Gérant :* GAUTHIER-VILLARS

6e Année. — TOME XII. N° 137. — 15 SEPTEMBRE 1909.

LA REVUE ÉLECTRIQUE

ORGANE

DE L'UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ

Publiée sous la direction de J. BLONDIN, Agrégé de l'Université, Rédacteur en chef,

Revue paraissant deux fois par mois.

Abonnement. Paris : 25 fr. — Départements : 27 fr. 50. — Union postale : 30 fr. — **Le Numéro : 1 fr. 50.**

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,

Quai des Grands-Augustins, 55.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J. Blondin, 171, Faubourg Poissonnière, Paris (9e).

Tome XII. N° 137. — 15 septembre 1909.

LA REVUE ÉLECTRIQUE

CHRONIQUE.

L'article de M. Pitaval sur la fabrication de la cyanamide, dont une analyse est donnée page 190 de ce numéro, ramène l'attention sur le problème de **la fabrication industrielle des composés azotés.**

On sait quelle est l'importance de la solution de ce problème pour le maintien de la prépondérance de la race blanche sur les autres races qui peuplent la terre. Elle a été signalée depuis longtemps déjà par divers savants et, en particulier, par Sir William Crookes, dans un discours présidentiel à la session de 1898 de la British Association for the Advancement of Sciences. Dans ce discours, Crookes faisait observer que, d'après les chiffres publiés en 1895 par un économiste anglais, Davis Wood, le nombre des individus de race blanche, des « mangeurs de pain », comme il les appelle, est passé de 359 millions, en 1870, à 510 millions, en 1895, présentant une augmentation de 37 pour 100, alors que pendant cette même période l'étendue des terrains consacrés aux cultures vivrières n'a augmenté que de 20,4 pour 100, et il en concluait qu'avant peu, 30 ans tout au plus, la production mondiale du blé ne suffirait plus à la consommation des mangeurs de pain, à moins toutefois que l'on n'augmentât le rendement actuel des terres produisant du blé au moyen d'engrais azotés. Comme, d'autre part, il est certain que les explosifs, dans la fabrication desquels entre toujours l'acide azotique, sont, tout au moins à l'heure actuelle, les instruments les plus puissants de la prééminence de la race blanche, on voit que la production des composés azotés, qu'ils soient utilisés comme engrais ou comme matières premières de la fabrication des explosifs, est, pour cette race, une question de vie ou de mort.

On sait également qu'en même temps qu'il montrait le péril, Sir William Crookes signalait aux électriciens un moyen d'y remédier. Rappelant l'expérience classique de Cavendish (ou plutôt de Priestley, qui, d'après des recherches bibliographiques récentes, l'aurait effectuée avant Cavendish) sur la combinaison de l'azote et de l'oxygène de l'air sous l'influence de l'étincelle électrique, il émettait l'avis qu'elle pouvait servir de base à un procédé de fabrication de l'acide azotique et des azotates assez économique pour être utilisé industriellement. Cet avis était d'ailleurs fondé sur les résultats des recherches de divers expérimentateurs, parmi lesquels il convient de citer : MM. Ch. et Ph. Guye, de Genève, qui, à l'instigation de M. Naville, commencèrent leurs travaux dès 1892; M. Pérot, qui, en collaboration avec M. Coupier, obtint, dans des expériences faites à Marseille en 1895, le rendement satisfaisant de 360^{kg} d'acide azotique par cheval-an; Lord Rayleigh, qui, en 1897, parvenait à réaliser l'union de 29^{g},4 d'oxygène et d'azote mélangés avec une dépense d'énergie de 1 cheval-heure.

Le discours de Sir W. Crookes devait avoir une puissante répercussion sur la mise en pratique in-

dustrielle de la fixation de l'azote de l'air sous forme d'acide azotique ou d'azotates au moyen de l'électricité. Dès 1902, l'Atmospheric Products C° installe à Niagara Falls une usine d'essai pour la fabrication de l'acide azotique par les procédés Bradley et Lovejoy; la même année, M. de Kowalski commence à Fribourg des recherches qui, continuées par M. Moscicki, conduisent à l'installation d'une usine d'essais à Vevey, en Suisse, et aboutissent à l'étude d'un nouveau procédé décrit en détail dans ces colonnes (1); en 1903, le professeur Birkeland, de Christiania, trouve une nouvelle disposition, laquelle, à la suite des perfectionnements de MM. Birkeland et Eyde, est aujourd'hui appliquée sur une grande échelle à Nottoden, en Norvège; et plus tard de nombreux chercheurs, séduits par l'importance du problème soulevé, ont proposé bien d'autres solutions dont beaucoup sont restées consignées dans les brevets, mais dont quelques-unes ont été ou sont actuellement soumises à l'épreuve de la pratique industrielle (2).

Une voie différente que celle indiquée par Sir W. Crookes fut d'ailleurs explorée en même temps par d'autres chercheurs : la fixation de l'azote sous forme d'ammoniaque ou de composés donnant naissance par voie chimique à des composés ammoniacaux. C'est dans cette catégorie de travaux que se placent ceux de Frank et Caro qui, en 1903, aboutirent à la fabrication de la cyanamide par utilisation indirecte de l'énergie électrique, celle-ci servant à la fabrication du carbure de calcium nécessaire à celle de la cyanamide.

Mais il n'y a pas que l'électricité qui soit capable de fournir des composés azotés et de réaliser plus ou moins directement la fixation de l'azote atmosphérique sous forme de produits utilisables par l'agriculture ou l'industrie. De nombreuses réactions provoquées par voie chimique ou par voie microbienne sont également susceptibles d'être utilisées industriellement pour la fabrication intensive de composés ammoniacaux ou nitrés. Les procédés de ce genre sont loin d'être sans intérêt pour les électriciens en tant que concurrents déjà existants ou seulement éventuels des procédés purement électriques. Comme jusqu'ici ils n'ont pas été signalés dans ce journal, précisément parce qu'ils ne constituent pas une application de l'énergie électrique, nous profiterons de la latitude qui nous est donnée de traiter dans cette Chronique des sujets ne se rattachant que très indirectement à l'industrie électrique pour dire quelques mots de ces procédés, nous excusant tout de suite de ce que, par suite de l'ampleur du sujet, nous nous trouverons très certainement amené à rappeler certains faits connus, sinon de tous, au moins de la majeure partie de nos lecteurs.

Tout d'abord, examinons quels sont nos besoins en composés azotés et quelles sont les sources d'où nous tirons ces corps.

Pour l'agriculture, nos besoins sont immenses. Ils ne sauraient être évalués pour l'ensemble du globe, mais on peut s'en faire une idée d'après les chiffres relatifs à la France publiés il y a quelques années par M. Grandeau, professeur au Conservatoire national des Arts et Métiers. Suivant ce savant agronome, l'ensemble des récoltes annuelles de la France ne renferme pas moins de 600000 tonnes d'azote. D'autre part le fumier de ferme, en admettant que tout son azote puisse être fixé dans le sol (ce qui n'est pas, car une partie s'échappe dans l'atmosphère sous forme gazeuse), ne peut fournir annuellement à la terre que 327000 tonnes d'azote. C'est une différence de 273000 tonnes que ne comble certainement pas l'azote que les plantes puisent directement dans l'atmosphère pendant leur développement. La richesse en azote du sol français va donc constamment en diminuant, de sorte que nos besoins en azote, déjà énormes, ne peuvent que croître, et cela bien rapidement puisque, comme nous le rappelons plus haut, il devient de plus en plus nécessaire d'augmenter le rendement du sol en céréales, lesquelles sont précisément les plantes qui exigent le plus d'azote. Et comme cet appauvrissement du sol n'est pas spécial à la France, qu'il se produit dans tous les pays, aussi bien dans ceux dont l'exploitation agricole remonte à l'antiquité que dans ceux où l'exploitation est plus récente, comme aux États-Unis, on peut se faire une idée de l'immensité de nos besoins agriculturaux en azote.

En regard de ceux-ci, nos besoins industriels sont très modestes. Sous la forme ammoniacale il n'y a guère que la fabrication du carbonate de sodium par le procédé Solvay qui provoque une consommation d'azote; et encore, comme ce procédé permet de récupérer la majeure partie du gaz ammoniac nécessaire à son fonctionnement, cette consommation est-elle assez faible ? Sous la forme d'acide azotique ou d'azotates, la consommation est plus importante : comme l'industrie de l'acide azotique et des azotates n'a aujourd'hui d'autre source d'azote que le salpêtre du Pérou et du Chili et qu'on estime à environ le cinquième du salpêtre exporté,

(1) *La Revue électrique*, t. VIII, 30 octobre, 15 novembre et 30 décembre 1908, p. 240, 278 et 363.

(2) Pour la description d'un certain nombre de ces procédés, consulter l'article de M. Jumau, *Recherches récentes sur la préparation électrique des composés oxygénés de l'azote* (*Revue électrique*, t. VI, 15 octobre 1906, p. 207).

soit moins de 400000 tonnes, la part prise pour cette industrie, on en conclut que c'est à peu près 60000 tonnes d'azote que consomme annuellement l'industrie mondiale des produits azotiques.

La source primordiale d'où nous vient tout l'azote que nous consommons n'est autre que l'atmosphère. L'azote atmosphérique est en effet fixé directement par les plantes dans les phénomènes biologiques qui accompagnent leur croissance. Une autre portion se combine avec l'oxygène de l'air sous l'influence de l'électricité atmosphérique, et les oxydes ainsi formés donnent de l'acide azotique et de l'acide azoteux qui, ramenés au sol par les pluies, sont à leur tour utilisés par les plantes. L'azote atmosphérique se trouve ainsi transformé en azote organique, et celui-ci, par putréfaction des végétaux qui l'ont produit ou des animaux qui se le sont assimilé, passe ensuite à l'état d'azote ammoniacal, puis enfin, sous l'action de microbes, à l'état d'azote nitrique qui est à nouveau absorbé par les planètes. Ces deux dernières transformations sont toutefois accompagnées d'une perte d'azote à l'état gazeux qui retourne dans l'atmosphère, de sorte que le cycle des transformations se trouve fermé, tout au moins qualitativement.

Mais, si le cycle est fermé qualitativement, il s'en faut qu'il le soit quantitativement, puisque, comme nous l'avons dit, la teneur en azote des terres cultivées va constamment en décroissant. Fort heureusement des réserves d'azote autres que celles se trouvant dans la terre arable se sont formées au cours des siècles. Dans ces réserves l'azote se trouve généralement sous forme organique; tel est l'azote contenu dans les charbons, les lignites et les tourbes. Il s'y trouve parfois sous forme nitrique comme dans les gisements de salpêtre du Pérou et du Chili, et, d'après la théorie émise par divers savants, résulterait des transformations, sous l'action du ferment nitreux et nitrique, de l'azote organique contenu dans des algues sous-marines que des phénomènes volcaniques auraient amenées à la surface du sol.

C'est à ces réserves que jusqu'à ces dernières années on s'est exclusivement adressé pour satisfaire aux besoins de l'agriculture et de l'industrie. L'azote du salpêtre du Chili et du Pérou est utilisé directement; quant à l'azote organique des charbons, lignites et tourbes, il est tout d'abord transformé en azote ammoniacal par distillation de ces matières et est recueilli dans les eaux ammoniacales provenant de l'épuration des gaz produits par cette distillation.

Malheureusement ces réserves ne sont pas inépuisables. L'exportation de l'azotate de sodium du Pérou et du Chili, qui n'était que de 150000 tonnes en 1870, a crû très rapidement et a dépassé 1600000 tonnes en 1906. Avec une telle progression, il est à prévoir qu'avant 20 ans les gisements du Pérou et du Chili seront épuisés. On a bien trouvé quelques autres gisements d'azotate de sodium, principalement en Californie, mais ces gisements sont loin d'avoir l'importance de ceux du Chili et du Pérou, et leur exploitation ne paraît pas devoir reculer beaucoup la date où le salpêtre naturel fera complètement défaut.

Quant aux réserves d'azote organique, elles dureront aussi longtemps que nos réserves de combustibles, et bien que, malgré de nombreux travaux statistiques, on soit assez mal renseigné sur la durée approximative de celles-ci, on sait cependant que leur épuisement ne saurait être aussi prochain que celui des gisements d'azotate de sodium.

Ainsi donc nos sources d'azote sont : d'une part, les diverses substances azotées, produites par l'évolution naturelle des végétaux et des animaux, c'est-à-dire les fumiers végétaux, les fumiers de ferme, les résidus de la vie animale (urine, matières fécales), les déchets animaux ou végétaux (os, déchets de laine, de peaux, cornes, vinasses de betteraves, etc.), ainsi que celles produites par le développement des microbes azoteux et azotique (salpêtre de l'Inde et de l'Égypte, azotates terreux, formés dans les étables, les vieux murs, etc.); d'autre part les réserves d'azote nitrique ou organiques renfermées dans les gisements de salpêtre du Pérou et du Chili, ainsi que dans les houilles, les lignites et les tourbes ; enfin l'atmosphère duquel part et auquel aboutit, par un cycle fermé de transformations, l'azote sous toutes ses formes.

Nos sources d'azote sont par conséquent très nombreuses. Mais il ne faut pas oublier que nous ne pouvons utiliser l'azote que sous deux formes : l'azote nitrique et l'azote ammoniacal. Encore l'azote ammoniacal a-t-il moins d'intérêt que l'azote nitrique, puisque son emploi industriel est des plus restreints et que, dans son application en agriculture, il paraît surtout agir par suite de sa facile transformation en azote nitrique sous l'action des ferments du sol. Or, seuls les salpêtres naturels de l'Inde, de l'Égypte, du Chili et du Pérou nous fournissent l'azote sous une des deux formes où nous puissions l'employer. Mais on sait que les salpêtres naturels de l'Inde et de l'Égypte, bien qu'ayant suffi pendant des siècles à la consommation industrielle d'azote nitrique, n'interviennent aujourd'hui que pour une part infime dans cette consommation, et que les réserves du Chili et du Pérou ne tarderont pas à être épuisées. Il nous faut donc de toute nécessité transformer industriellement l'azote

qui nous est fourni par les sources naturelles.

Logiquement, nous devrions avoir uniquement recours à la transformation de l'azote atmosphérique en azote nitrique, puisque l'atmosphère est la source primordiale de l'azote et que les azotates renferment l'azote sous la forme qui convient le mieux à nos besoins; l'électricité nous en fournit le moyen par le procédé Birkeland et Eyde et les procédés similaires. Mais, en raison du fait que l'azote ammoniacal convient généralement aussi bien que l'azote nitrique pour les besoins de l'agriculture, il est également logique d'effectuer la transformation de l'azote atmosphérique en azote ammoniacal; l'électricité nous en fournit également le moyen par divers procédés, dont le procédé Frank et Caro. Toutefois, comme la nature nous fournit quotidiennement des quantités énormes d'azote organique en déchets animaux et végétaux, et que, d'autre part, elle en renferme des quantités encore plus considérables dans les houilles, lignites et tourbes, il est non moins logique, et il peut même sembler, à première vue, plus avantageux puisqu'une partie du cycle des transformations est déjà accomplie sans qu'il en coûte rien, de transformer l'azote organique en azote ammoniacal ou en azote nitrique; pour atteindre ce but, l'électricité ne nous fournit, jusqu'ici du moins, aucun moyen pratique, tandis que, depuis longtemps déjà, nous appliquons deux procédés pour réaliser la transformation de l'azote organique en azote ammoniacal : la fermentation, qui est utilisée pour la fabrication de l'ammoniaque à l'aide des eaux vannes des vidanges, et la distillation sèche qui, appliquée aux houilles, tourbes, déchets de cuirs, etc., fournit les eaux ammoniacales d'où l'on tire la majeure partie des produits ammoniacaux employés en agriculture. De plus, les chimistes français qui vivaient au temps de la Révolution nous ont appris à transformer au besoin l'azote organique et l'azote ammoniacal en azote nitrique en utilisant des phénomènes microbiens expliqués plus tard par les travaux de Schlœsing et Muntz.

Ainsi donc, dans l'état actuel de l'industrie des produits azotés, et tant que nos réserves en azote organique dureront, les procédés électriques de transformation de l'azote ont à lutter contre divers procédés chimiques ou biologiques. Le succès appartiendra nécessairement au procédé le plus économique, et tout se réduit dès lors à une question de prix de revient et de rendement.

Le prix de revient du kilogramme d'azote fixé par les procédés électriques a été examiné par divers ingénieurs et en particulier par M. Philippe-A.-Guye qui, dans une communication faite le 30 juin 1906 devant la Society of Chemical Industry, de Londres, donnait les chiffres suivants : 1fr,15 pour l'azote contenu dans l'acide azotique étendu préparé par le procédé Birkeland et Eyde; 1fr,25 pour l'azote contenu dans l'azotate de calcium préparé par le même procédé; 1fr,35 ou 1fr,57 pour l'azote contenu dans la cyanamide à 20 pour 100 d'azote suivant qu'on prend 140fr ou 185fr pour le prix de revient du carbure de calcium employé pour sa fabrication.

Dans l'établissement de ces prix, M. P.-A. Guye comptait l'énergie électrique à 50fr le kilowatt-an; c'est un prix déjà très bas, mais qui est cependant supérieur à celui qu'on peut obtenir avec les chutes d'eau de Norvège, puisque, lors des premiers essais de fabrication de l'azotate de calcium synthétique, l'usine de Nottoden achetait l'énergie à raison de 32fr le kilowatt-an à l'usine génératrice de Tinnfos et qu'elle se la procure maintenant à meilleur marché dans l'usine récente de Svoelgfos; le chiffre de 1fr,25 pour l'azote contenu dans l'azotate de calcium synthétique est donc un maximum, tout au moins pour la fabrication en Norvège. Dans l'estimation du prix de revient de l'azote contenu dans la cyanamide, M. P.-A. Guye a également compté très largement, ce qui a d'ailleurs amené quelques observations de M. Caro dans la discussion qui a suivi sa communication. On doit donc considérer les prix de 1fr,35 ou 1fr,57 comme supérieurs aux prix de revient réels, et cela d'autant plus que depuis 1906 la fabrication du carbure de calcium, et

---

(1) Dans ses calculs, M. Guye prenait pour prix de revient de la tonne de cyanamide 315fr ou 270fr, suivant que le carbure revenait à 185fr ou 140fr la tonne, prix qu'il établissait comme suit :

	fr
1 tonne de carbure à 80 pour 100	185
200kg d'azote à 0fr,10 le kilogramme	20
Réparation des appareils	20
Broyage du carbure et fabrication	25
Emballage, frais généraux	10
Transport	20
Amortissement et intérêt	35
Total	315

soit 270fr avec du carbure à 140fr la tonne.

Ces prix de revient sont notablement plus élevés que celui (184fr) donné par M. Pitaval dans son article. Mais ce dernier n'y fait pas intervenir les frais généraux, le transport, l'amortissement et l'intérêt, qui sont comptés pour 60fr environ par M. Guye. De plus, M. Pitaval compte le carbure à 120fr la tonne et admet 850kg comme poids de carbure nécessaire à la fabrication de 1000kg de cyanamide, tandis que M. Guye compte le carbure à au moins 140fr la tonne et suppose qu'une tonne de carbure ne donne qu'une tonne de cyanamide. Sur ce dernier point, le calcul de M. Pitaval paraît plus rigoureux que celui de M. Guye, car il est généralement admis que le poids de la cyanamide est d'environ $\frac{1}{5}$ plus grand que celui du carbure qui a servi à la produire.

surtout celle de la cyanamide qui n'était alors qu'à ses débuts, ont été rendues plus économiques. On peut donc admettre qu'à quelques centimes près les prix de revient de l'azote fixés par les procédés électriques sont égaux.

Quant aux prix de revient du kilogramme d'azote dans le nitrate du Chili ou les produits ammoniacaux, les bases nous manquent pour les établir. En tout cas, les prix de vente de tous les composés azotés employés en agriculture sont toujours sensiblement égaux, le prix de l'unité d'azote dans le sulfate d'ammonium étant toutefois légèrement inférieur à celui de l'azote dans les azotates. Il serait évidemment hasardé de conclure de l'égalité du prix de vente à l'égalité du prix de revient; mais nous croyons cependant qu'on peut en inférer que les prix de revient ne diffèrent pas sensiblement.

Le prix de revient du kilogramme d'azote contenu dans les composés azotés que livre l'industrie étant sensiblement le même dans les conditions actuelles de fabrication, l'avenir appartiendra nécessairement au procédé dont le rendement pourra être augmenté dans une proportion notable.

Actuellement le procédé Birkeland-Eyde permet d'obtenir environ 500^{kg} d'acide azotique au maximum de concentration (AzO^3H) par kilowatt-an dépensé; c'est un rendement d'environ 111^{kg} d'azote fixé par kilowatt-an. Quant au procédé Frank et Caro, son rendement est dès aujourd'hui notablement supérieur : 400^{kg} d'azote fixé par kilowatt-an ([1]). Il est certain que ces rendements pourront être dépassés, et des efforts sont faits dès actuellement pour atteindre ce but.

Mais, bien qu'encourageants, les résultats de ces efforts ne peuvent encore nous donner une idée des rendements auxquels il sera pratiquement possible d'arriver.

Nous sommes mieux renseignés en ce qui concerne les rendements des procédés de fabrication des composés ammoniacaux. Dans la fabrication de l'ammoniaque au moyen des eaux-vannes des dépotoirs, l'azote organique de ces eaux est presque entièrement recueilli; il n'est donc guère possible d'escompter une augmentation de rendement, et d'ailleurs cette industrie diminue journellement d'importance par suite de l'extension de l'application du tout-à-l'égout dans les grandes villes. Dans la fabrication du sulfate d'ammonium par le traitement des eaux ammoniacales provenant de la distillation de la houille, au contraire, on peut entrevoir, à bref délai une augmentation considérable du rendement et un accroissement encore beaucoup plus important de la production.

Jusqu'à ces dernières années, ce ne sont guère, en effet, que les eaux d'épuration du gaz d'éclairage qui ont été utilisées pour la fabrication du sulfate d'ammonium. Depuis on s'est appliqué à recueillir l'ammoniaque contenue dans les gaz que produisent les fours à coke industriel, et l'on commence à traiter dans le même but les gaz des hauts fourneaux. Mais les installations de ce genre sont aujourd'hui encore assez peu nombreuses et leur extension mettra sur le marché des masses considérables de produits ammoniacaux.

D'autre part, le rendement actuel de ces industries est à peu près de 10^{kg} de sulfate d'ammonium, soit 2^{kg},120 d'azote, par tonne de houille mise en œuvre. Or, les houilles grasses renferment de 1 à 1,5 pour 100 d'azote; c'est donc au moins les $\frac{4}{5}$ de cet élément qui sont encore perdus. Une augmentation notable du rendement paraît donc possible.

Cette augmentation a d'ailleurs déjà été réalisée par M. L. Mond, qui est parvenu à récupérer jusqu'à 60 et 70 pour 100 de l'azote contenu dans le charbon. D'après les analyses de M. Forster ([1]) et de M. Schilling ([2]), les faibles rendements en ammoniaque de la distillation sèche de la houille tiennent à ce que 50 à 80 pour 100 de l'azote de la houille se retrouvent dans le coke à un état qui n'a pas encore été déterminé. Si donc, au lieu de fabriquer du gaz de houille, on fabrique du gaz à l'eau par le procédé Mond, on évite cette perte. Or, la production de la force motrice au moyen de gazogènes et de moteurs à gaz est depuis longtemps considérée comme devant se substituer au mode actuel de production par chaudières et moteurs à vapeur, et son développement, déjà considérable pendant ces dernières années, eût été bien plus rapide si la turbine à vapeur, par ses qualités mécaniques, n'était venue retarder cette évolution. Que le procédé Mond soit un jour appliqué seulement à la dixième partie de la consommation actuelle de la houille, qui est bien proche du milliard de tonnes, et nous disposerons

([1]) Dans le Rapport *Sur la fixation de l'azote atmosphérique au moyen de l'électricité*, que nous avons présenté l'an dernier au Congrès des Applications de l'Électricité, de Marseille, une erreur d'impression nous a fait dire (p. 170, ligne 10, du Tome II des Rapports préliminaires) : « D'après les calculs de M. Guye, 1 kilowatt-an est capable de fixer la quantité d'azote contenue dans 400^{kg} d'acide azotique ». Comme nous le disons plus haut et comme nous l'avons d'ailleurs dit dans une communication faite antérieurement à la Société internationale des Électriciens, c'est 400^{kg} d'azote qu'il faut lire, poids qui correspond à $\frac{400 \times 100}{22,2} = 1800^{kg}$ environ d'acide azotique pur.

([1]) *Chemic. Soc.*, 1883.

([2]) *Industrie des Steinkohtentheers und des Ammoniaks*, 1898.

d'environ 1 million de tonnes d'azote ammoniacal, soit à peu près quatre fois la consommation mondiale actuelle de corps azotés. Et ce procédé ne s'applique pas seulement à la houille; il s'applique aux combustibles de qualité inférieure, aux lignites, aux tourbes, etc., très peu utilisés jusqu'à présent et cependant très abondants. La tourbe, en particulier, couvre d'immenses territoires dans tous les pays du Nord; en France, où elle est relativement rare, elle occupe une superficie de plusieurs centaines de mille hectares. Le problème de son exploitation industrielle pour la production de la force motrice est à l'ordre du jour depuis plusieurs années, et plusieurs grandes installations utilisant la tourbe pour l'alimentation de moteurs à gaz sont aujourd'hui en fonctionnement. Comme la tourbe renferme plus d'azote que la houille (2 pour 100 au lieu de 1,5 pour 100), que le procédé Mond permet d'en récupérer pratiquement environ 60 pour 100 et qu'il est même possible, d'après de récents essais de Müntz et Lainé [1], de pousser cette récupération jusqu'à 80 pour 100, on voit que l'industrie électrochimique de la fixation de l'azote a, pour l'avenir, un concurrent redoutable dans l'industrie de la fabrication des composés ammoniacaux par distillation ou gazéification des combustibles.

Mais, pourrait-on objecter, nous n'aurons ainsi que de l'azote ammoniacal, nous n'aurons pas l'azote nitrique indispensable cependant à l'industrie et, jusqu'à un certain point, à l'agriculture, les engrais ammoniacaux ne pouvant toujours remplacer les engrais nitriques; dès lors, les procédés qui, comme celui de Birkeland-Eyde, produisent directement de l'acide azotique n'ont aucune concurrence à craindre.

Il n'en est rien. Les récentes recherches de MM. Müntz et Lainé sur la nitrification intensive viennent de montrer que les phénomènes biologiques utilisés empiriquement dans les nitrières artificielles de la Révolution et de l'Empire peuvent, lorsqu'ils sont scientifiquement contrôlés, fournir de l'azote nitrique avec des rendements suffisants pour donner lieu à des applications industrielles.

Les expériences de ces deux savants ont porté sur la nitrification de l'azote organique et sur celle de l'azote ammoniacal dans des nitrières constituées par des terres de diverses natures, du terreau, de la tourbe. Ils ont étudié les conditions d'humidité et de température favorables au développement des ferments nitrificateurs, ainsi que les conditions dans lesquelles les ferments antagonistes, les ferments dinitrificateurs, qui transforment l'azote combiné en azote libre, l'emportent sur les premiers.

L'azote organique était introduit sous forme de sang desséché, d'urine humaine ou de cheval, de corne torréfiée, de viande desséchée, de déchets de laine. Le sang desséché a permis d'enrichir la nitrière en 5 mois jusqu'à 4g,815 d'azote nitrique par kilogramme et l'enrichissement n'était pas arrivé à sa dernière limite. Avec l'urine humaine, la proportion d'azote nitrique, au bout de 5 mois et demi, était de 3g,049 par kilogramme; avec l'urine de cheval elle atteignait 3g,916. Les autres matières azotées donnèrent des résultats moins avantageux. Ces résultats sont toutefois de beaucoup supérieurs à ceux que donnaient les nitrières de la Révolution, lesquelles, au bout de 2 ans environ, fournissaient en moyenne 5g de salpêtre brut, soit moins de 0g,8 d'azote nitrique par kilogramme de terre.

Les expériences sur la nitrification de l'azote ammoniacal furent exécutées en arrosant de solutions de sulfate d'ammonium des nitrières constituées par de la terre arable, du terreau ou de la tourbe. On devait s'attendre à obtenir une nitrification beaucoup plus rapide que dans les expériences précédentes, puisqu'il est aujourd'hui reconnu que l'azote organique doit d'abord passer à l'état d'azote ammoniacal avant d'être nitrifié. Les résultats confirmèrent cette prévision; en 3 mois et 4 jours, en opérant sur un lit de tourbe ensemencé de ferments nitriques par addition de terre de jardin et arrosé de sulfate d'ammonium, on obtint jusqu'à 10g,721 d'azote nitrique par kilogramme de tourbe; on pu d'ailleurs pousser plus loin l'enrichissement de la tourbe, mais alors aux dépens de la rapidité de la nitrification.

Se basant sur les résultats de leurs expériences et de leurs essais, MM. Müntz et Lainé ont indiqué comment devraient être établies les nitrières à base de tourbe du genre des anciennes nitrières. Pour ces détails nous renverrons à leur mémoire, nous bornant à indiquer leurs conclusions : une nitrière ainsi établie fournirait par jour et par mètre cube de tourbe de 350g à 400g de salpêtre, soit une quantité 60 fois plus grande que les anciennes nitrières; en un an, pour une nitrière de 1 hectare et pour une épaisseur de couche de 1m, la production ne serait pas moindre de 3000 tonnes de salpêtre.

Il est d'ailleurs possible d'augmenter encore, sinon le rendement de la transformation de l'azote ammoniacal en azote nitrique, du moins la quantité d'azote transformé dans l'unité de temps par unité de volume de la nitrière. La mise en activité d'une nitrière demande en effet un temps assez long : il

[1] MÜNTZ et LAINÉ, *Recherches sur la nitrification intensive de l'établissement des nitrières à haut rendement* (*Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale*, t. CIX, n° 8, 1907, p. 951 à 1042).

faut que les organismes nitrificateurs commencent par se développer avant que la nitrière atteigne son régime normal de fonctionnement. C'est d'ailleurs ce qui a lieu également dans les procédés d'épuration des eaux d'égout ou des eaux potables par filtration sur des lits bactériens : tant que les bactéries ne se sont pas développées en nombre suffisant, le filtre fonctionne mal. Il était donc naturel de songer à réaliser des nitrières fonctionnant d'une manière continue comme les lits d'épuration une fois formés. La solution du problème était même plus facile que dans le cas de l'épuration des eaux d'égout, puisque ces eaux tiennent en suspension des matières qui ne tardent pas à colmater les filtres, tandis que dans les nitrières les solutions de sulfate d'ammonium qu'on y déverse ne peuvent produire cet inconvénient. Il est vrai que les nitrières continues présentent une autre cause de colmatage : le ferment nitrique ne se développant pas en milieu acide, la nitrière doit contenir de la craie pour neutraliser l'acide azotique à mesure qu'il se forme; il s'y produit donc de l'azotate de calcium qui, en présence de sulfate d'ammonium, donne un précipité de sulfate de calcium. Mais il est facile de remédier à cet inconvénient : il suffit de diviser la nitrière en plusieurs parties et d'arroser la première seule avec du sulfate d'ammonium, les autres étant arrosées avec une solution obtenue en mélangeant à l'azotate de calcium qui s'écoule de la précédente le sulfate d'ammonium que l'on veut nitrifier dans la partie suivante; le sulfate de calcium se forme alors au moment du mélange et se dépose au fond du bassin où l'on opère ce mélange; par décantation on a une liqueur claire, et le colmatage par le sulfate de calcium n'est à craindre que dans le premier compartiment de la nitrière. D'ailleurs cette division de la nitrière en compartiments sur lesquels on fait successivement passer la solution présente l'avantage de permettre de concentrer celle-ci jusqu'à un degré assez élevé, ce qui diminue les frais de l'évaporation nécessaire pour l'obtention de l'azotate solide.

On voit, par ces quelques détails, que MM. Müntz et Lainé ne se sont pas bornés à des expériences de laboratoire et qu'ils ont étudié l'application des résultats de celles-ci à l'installation industrielle de nitrières à haut rendement à déversement continu. Ils conseillent de faire cette installation sur les tourbières mêmes, de manière à avoir sur place, non seulement le support des organismes nitrifiants des nitrières, mais encore la source du sulfate d'ammoniaque qu'il s'agit de nitrifier en même temps que l'énergie mécanique nécessaire au mouvement des solutions et l'énergie calorifique indispensable à l'évaporation et surtout au maintien des nitrières à une température voisine de 26° à 27°, qui convient le mieux pour l'obtention des hauts rendements. Ils n'ont malheureusement pas essayé d'établir le prix de revient de l'azote nitrique ainsi obtenu, considérant sans doute que, dans les conditions d'installation qu'ils préconisent, les bases d'un calcul sérieux manquent totalement, la valeur de la tourbe, à peu près nulle actuellement, pouvant varier beaucoup suivant l'importance des applications qui en seront faites. Mais, si nous ne sommes pas fixés encore sur ce point, il en est un autre sur lequel nous le sommes : c'est l'immense quantité de nitrates que nous pourrons ainsi tirer des tourbières existantes, quantité capable, suivant MM. Müntz et Lainé, de satisfaire pendant de longs siècles à nos besoins, si grands qu'ils soient [1].

Ainsi donc les procédés électriques de transformation de l'azote atmosphérique en azote nitrique ne sont pas plus à l'abri de la concurrence que ceux qui donnent seulement de l'azote ammoniacal. Faut-il en concevoir des craintes pour l'avenir de ces procédés? Nous ne le pensons pas. L'éclairage par l'électricité n'a pas jusqu'ici empêché l'éclairage au gaz de prospérer. Nos besoins en azote assimilable sont si grands, que sa production simultanée par divers procédés ne saurait être un empêchement au développement simultané de chacun d'eux. L'industrie de la cyanamide calcique, bien qu'à ses débuts, peut déjà lutter à armes égales avec l'industrie, beaucoup plus ancienne, des produits am-

[1] En raison de la haute compétence de M. Müntz sur les sujets de Chimie agricole, nous croyons devoir reproduire ci-dessous la conclusion du Mémoire de MM. Müntz et Lainé concernant ce point de la question :

« Une installation faite sur une de ces tourbières trouverait pendant de longues années à s'alimenter en matière première, quelque développement qu'on pût donner à la fabrication du nitre. Il sera peut-être utile de fixer les idées par des chiffres. D'une tourbière de 1000 hectares, avec une profondeur moyenne de 2m et une richesse de 2 pour 100 en azote, on peut obtenir 800 000 à 900 000 tonnes de nitrate de soude. En considérant l'ensemble des tourbières en France, nous pouvons multiplier ces chiffres par 300 à 400. On arrive ainsi à une évaluation qui montre que l'azote des tourbières existant en France permettrait d'obtenir des quantités de nitrates beaucoup supérieures à celles qu'ont contenues les gisements, considérés avant leur exploitation, du Chili.

» La France est relativement pauvre en tourbières. Dans d'autres pays, ceux du Nord surtout, tant en Europe qu'en Asie et en Amérique, les surfaces occupées par les tourbières sont incomparablement plus grandes. Il y a là une réserve qui peut servir pendant de longs siècles à la consommation qu'on voudrait en faire pour la production des nitrates, quelque considérable que celle-ci pût devenir.

» Il n'y a donc pas à s'inquiéter de l'épuisement plus ou moins prochain des gisements de nitrate de soude, puisqu'on peut produire par l'intervention microbienne, et à l'aide d'une matière que la nature nous offre en quantité presque illimitée, le nitrate nécessaire aux besoins de l'humanité. »

moniacaux; il est dès lors présumable qu'elle saura opposer de nouveaux perfectionnements aux progrès de sa rivale. L'industrie de l'azotate de calcium synthétique est mieux partagée; en face d'elle, elle n'a pour le moment qu'une industrie en voie de décroissance, celle de l'exploitation des gisements du Chili, et, lorsque les procédés de fabrication des nitrates par voie microbienne deviendront du domaine industriel, elle aura sur l'industrie naissante l'avantage de l'ancienneté. Et, d'ailleurs, les procédés électrochimiques deviendraient-ils, dans un avenir lointain, incapables de lutter économiquement avec leurs concurrents pour la fabrication des engrais chimiques, que leur essor pourrait fort bien n'en être pas entravé. Le procédé Birkeland-Eyde donne comme produit direct de l'acide azotique d'une vente plus rémunératrice que celle de l'azotate de calcium, puisque, aux prix actuels de cet acide, le prix de vente du kilogramme d'azote qu'il renferme est d'environ 2fr,50, soit plus du double du prix de vente du kilogramme d'azote des engrais. Si jusqu'à présent l'azote fixé par le procédé Birkeland-Eyde n'a pas été vendu sous cette forme, c'est parce que la concentration de l'acide étendu sortant des tours d'oxydation présente de sérieuses difficultés et surtout parce que les compagnies de navigation et de chemins de fer, peu désireuses de transporter un acide aussi dangereux, exigent des emballages onéreux et appliquent des tarifs presque prohibitifs. Mais, dès maintenant, les difficultés de concentration sont surmontées et les compagnies de transport deviennent moins intransigeantes. D'autre part, le procédé Birkeland-Eyde fournit, en même temps que l'acide azotique, de l'acide azoteux, et l'on sait que l'azote des azotites, employés en assez grande quantité pour la fabrication des matières colorantes, a une valeur commerciale plus grande que l'azote de l'acide azotique, leur préparation ordinaire se faisant en partant de cet acide. Aussi les dernières tours d'absorption des composés azotés produits dans le four Birkeland-Eyde sont-elles aujourd'hui alimentées, non plus de lait de chaux comme dans les débuts, mais de lessive de soude, de manière à obtenir un mélange d'azotite et d'azotate de sodium qu'on sépare par cristallisation. De son côté, la cyanamide calcique peut donner des produits dérivés ayant une valeur plus grande, tels que la dicyanamide et autres corps qui sont actuellement l'objet de recherches approfondies en vue de leur préparation industrielle.

Il ne semble donc pas qu'il y ait lieu, pour le moment, de concevoir des craintes pour l'avenir des nouvelles industries électrochimiques. Il n'en était pas moins utile, nous le pensons du moins, de faire voir que l'électricité n'est pas le seul agent à notre disposition pour l'obtention économique d'énormes quantités d'azote assimilable.

*
* *

On sait que l'**unification des unités lumineuses** a reçu récemment un commencement d'exécution et que, depuis le 1er juillet dernier, les résultats des essais photométriques effectués au Bureau of Standards de Washington, au National Physical Laboratory de Londres et au Laboratoire central d'Électricité de Paris sont exprimés au moyen d'une même unité: la bougie décimale. Ainsi que le disait M. Janet dans une Note reproduite dans ces colonnes [1], ce commencement d'unification résulte de ce que le Bureau of Standards a bien voulu abaisser de 1,6 pour 100 la valeur de l'unité d'intensité lumineuse dont il faisait usage jusqu'ici et du fait que le National Physical Laboratory n'a rien eu à changer à la sienne, la bougie-pentane qu'il emploie étant pratiquement égale à la bougie décimale.

Peut-être se souvient-on qu'en signalant cette Note dans notre Chronique du 15 juin nous faisions observer que, s'il était naturel que les Américains consentissent à diminuer la valeur de leur unité d'intensité lumineuse, il était fort peu probable que les Allemands renonçassent à exprimer les intensités lumineuses en hefners, cette unité étant plus petite que la bougie décimale et conduisant par conséquent à des valeurs plus faibles de la consommation spécifique des appareils producteurs de lumière, conséquence d'une grande importance commerciale pour les fabricants allemands de lampes à incandescence.

Notre prévision n'était que trop fondée, comme le montre la réponse du Comité électrotechnique allemand à une lettre que lui avait adressée la Commission électrotechnique internationale en vue de la substitution de la bougie décimale à l'hefner, réponse reproduite à la page 193 de ce numéro. Malgré que l'hefner n'ait été adopté en 1896 que pour, *provisoirement*, représenter la bougie décimale, les Allemands refusent d'abandonner l'hefner.

Mais ce refus était si évident, que nous n'insisterions pas sur la réponse du Comité électrotechnique allemand si elle ne contenait quelques autres points qu'il nous paraît utile de faire ressortir.

En premier lieu, le Comité fait observer qu'en donnant le même nom à la bougie au pentane des Anglais et à la bougie décimale des Français, on crée en réalité une unité définie de deux façons différentes dont aucune n'est suffisante pour la reproduction rigoureuse de l'étalon.

---

(1) *La Revue électrique*, t. XI, 15 juin 1909, p. 407.

Ensuite il convient que la lampe Hefner présente des défauts pratiques et qu'en particulier sa faible intensité lumineuse et sa couleur jaune la rendent difficilement utilisable pour l'étalonnage des nouvelles lampes à lumière blanche et intense.

Enfin, il estime que l'unité internationale de lumière de l'avenir doit être le résultat d'un travail d'ensemble de tous les laboratoires officiels.

Il nous paraît que sur ces différents points on ne peut que partager la manière de voir du Comité allemand. La lampe au pentane employée en Angleterre comme étalon primaire, la lampe Carcel utilisée en France comme étalon pratique et dont la relation avec l'étalon Violle n'a été que rarement déterminée, fournissent en effet deux définitions différentes de l'unité d'intensité lumineuse, et chacune de ces définitions est loin d'être scientifiquement établie. Mais elles n'ont pas que des défauts d'ordre scientifique, elles présentent des défauts d'ordre pratique. Elles ont, il est vrai, l'avantage sur la lampe Hefner de posséder une intensité lumineuse notablement plus grande qui rend plus aisée leur comparaison avec les sources de lumière modernes; mais comme cette dernière elles ont l'inconvénient d'émettre une lumière fortement colorée, et l'on sait combien cet inconvénient est grave au point de vue pratique, puisque, malgré l'habileté des expérimentateurs, il peut conduire à des résultats tout à fait erronés dans la mesure de l'intensité lumineuse de certaines sources, comme l'arc au mercure, ainsi que l'ont montré de nombreuses expériences faites sur cet arc, en particulier celles de M. P. Lauriol.

Il est donc certain que, si nous voulons une unité lumineuse définie avec la précision scientifique à laquelle nous sommes aujourd'hui habitués et pouvant servir à évaluer correctement l'intensité lumineuse des sources les plus diversement colorées que nous réserve peut-être un avenir prochain, il nous faudra renoncer aux étalons actuels. D'ailleurs, diverses recherches, parmi lesquelles nous rappellerons celles de M. Steinmetz signalées récemment dans ce journal (1), ont déjà été faites en vue de la réalisation d'un étalon satisfaisant à ces conditions, et il est permis d'espérer que, comme le pense le Comité allemand, cette réalisation est possible avant longtemps. Dès lors il semble prématuré de vouloir donner le nom de *bougie internationale* à l'unité qui vient d'être adoptée par le Bureau of Standards, le Laboratoire central d'électricité et le National Physical Laboratory : il conviendrait plutôt de réserver, comme le propose le Comité allemand, cette dénomination à la nouvelle unité qui résulterait de l'ensemble des recherches entreprises spécialement dans ce but dans les laboratoires officiels.

Les considérations contenues dans la réponse du Comité allemand nous paraissent donc, personnellement, devoir être examinées avec la plus grande attention par la Commission électrotechnique internationale lorsqu'elle discutera les propositions relatives aux unités photométriques. Nous les avions déjà exprimées ailleurs, tout au moins partiellement, mais sans aucun succès. Nous avons été heureux de les retrouver dans la réponse du Comité allemand et c'est notre excuse d'y insister aussi longuement. Mais, si nous estimons qu'il serait fâcheux d'engager l'avenir en appelant *internationale* la bougie décimale actuelle, nous nous réjouissons de voir cette dernière adoptée par trois grands laboratoires : c'est un commencement d'unification d'une importance pratique non discutable, à la réalisation duquel les efforts persévérants de M. Janet n'ont pas été étrangers. Ce n'est donc en somme qu'une question de mots que nous soulevons : réserver le nom d'*internationale* à l'unité d'intensité lumineuse de l'avenir satisfaisant aux conditions de précision que doit remplir toute définition d'unité. En attendant toute convention prise en vue de faire cesser l'ambiguïté qui règne actuellement dans les résultats de mesures photométriques ne peut être que favorablement accueillie.

* * *

Depuis déjà plus de trois mois les Comptes rendus du **Congrès international des Applications de l'Électricité**, qui eut lieu à Marseille en septembre dernier, ont été distribués aux membres du Congrès. Ils forment trois gros volumes d'environ 2000 pages (1), et leur publication, moins de huit mois après la fermeture du Congrès, est tout à l'honneur des organisateurs et particulièrement du rapporteur général, notre ami Armagnat, qui n'a ménagé ni son temps, ni sa peine pour activer, autant qu'il était en son pouvoir, cette publication.

Les deux premiers de ces volumes sont consacrés aux Rapports préliminaires dont nous avons indiqué les titres dans le numéro de ce journal du 15 juin 1908, page 449. Ils donnent une vue d'ensemble des mieux documentées de l'état actuel de l'industrie électrotechnique.

Dans le troisième volume sont publiés les procès-verbaux des séances des neuf sections du Congrès, les vœux émis par les sections, la liste des membres, celle des délégués, les comptes rendus des conférences et des excursions, etc., ainsi qu'une cin-

(1) *La Revue électrique*, t. IX, 15 avril 1908, p. 268.

(1) En vente à la librairie Gauthier-Villars. Prix : 24^{fr}, 24^{fr}, 20^{fr} respectivement par volume; 60^{fr} l'ensemble des 3 volumes.

quantaine de Mémoires présentés aux séances du Congrès.

Nous nous proposions de donner, dans les précédents numéros de ce journal, une analyse de ces Mémoires, tous bien intéressants, qui complètent ou discutent certains points des Rapports préliminaires. Leur trop grand nombre nous a forcé à abandonner cette idée. Aussi importait-il, pour ceux de nos lecteurs qui ont négligé de se faire inscrire comme membres du Congrès, de signaler en bonne place l'œuvre considérable à laquelle a donné lieu le Congrès international d'Électricité. Voilà qui est fait.

*
* *

On sait que, pour qu'un **détecteur électrolytique** soit sensible aux ondes hertziennes, il faut appliquer entre ses électrodes une différence de potentiel telle que la pointe active soit au potentiel le plus élevé et aussi que cette sensibilité passe par son maximum pour une valeur bien déterminée de cette différence de potentiel. Dans la pratique de la télégraphie sans fil, on réalise ces conditions en reliant les électrodes du détecteur aux bornes d'une résistance variable placée sur le circuit d'une source d'électricité, en d'autres termes aux bornes d'un dispositif potentiométrique.

Pour la plupart des détecteurs électrolytiques, la différence de potentiel critique est comprise entre 2,5 et 3,7 volts; aussi la source d'électricité doit-elle se composer d'au moins deux éléments d'accumulateurs. Toutefois, comme l'a montré récemment M. P. Jégou [1], il est possible, par un choix approprié de l'électrolyte (acide sulfurique additionné de quelques gouttes d'acide azotique) et de l'électrode cathodique (mine de crayon), d'abaisser la différence de potentiel critique à 2 volts, ce qui permet de supprimer le dispositif potentiométrique et de le remplacer par un simple élément d'accumulateur. Il résulte de là une simplification non négligeable dans le montage des postes récepteurs de télégraphie sans fil. Mais cette simplification serait évidemment plus importante s'il était possible de trouver des détecteurs électrolytiques à différence de potentiel critique nulle, puisqu'alors il ne serait plus besoin de source d'électricité. En poursuivant ses recherches, M. Jégou est parvenu à obtenir un tel détecteur en prenant une cathode en mercure, et c'est ce résultat qu'il fait connaître dans la communication dont un résumé est donné page 189. Un tel détecteur est, paraît-il, extrêmement sensible. Mais il se fatigue vite et exige, pour être remis en l'état primitif, qu'on lui applique pendant quelques secondes une différence de potentiel de sens convenable, de sorte qu'une source auxiliaire de force électromotrice serait encore nécessaire si M. Jégou n'avait eu l'idée de prendre, pour source de force électromotrice, un second détecteur électrolytique disposé en parallèle avec le premier et qui ravive celui-ci quand il se trouve fatigué.

*
* *

Pendant longtemps les industriels français n'avaient à leur disposition aucun laboratoire officiel pour effectuer les essais dont ils avaient besoin. La fondation du Laboratoire central d'Électricité par la Société internationale des Électriciens est venue remédier à cet inconvénient pour l'industrie électrique. Plus tard, en 1904, la Chambre de Commerce de Paris et la Société des Ingénieurs civils créèrent, avec le concours du Gouvernement, le **Laboratoire d'essais du Conservatoire des Arts et Métiers** en vue d'étendre à l'industrie en général les avantages dont jouissait l'industrie électrique. On trouvera, page 171, une note indiquant le développement de ce Laboratoire depuis sa fondation.

Dans son article sur le **pas d'enroulement raccourci** (p. 174), M. Punga montre que l'emploi de cet enroulement, très répandu aux États-Unis, présente des avantages sérieux dans un grand nombre de cas.

Bien que les **turbines à vapeur** constituent un sujet bien connu de nos lecteurs par suite des nombreux articles qui y ont été consacrés dans ce journal, l'analyse, publiée page 175, d'un travail de M. Eyermann sera lue avec intérêt; on y trouvera en particulier l'indication d'un nouveau type de turbine imaginé par l'auteur.

L'**étude du mouvement d'un train** que donne, page 180, M. René Martin, est rédigée d'après les indications de M. Mailloux, ingénieur de traction électrique fort réputé aux États-Unis. Dans le prochain numéro sera publiée la méthode qu'applique cet ingénieur dans l'établissement des projets de traction.

Pendant les dernières séances de la Société internationale des Électriciens, une Communication de M. Bourdel sur un système de **traction à intensité constante** a donné lieu à une longue discussion. M. Jacquin résume (p. 183) cette Communication et cette discussion en y ajoutant quelques observations personnelles.

Nous ne faisons que signaler les articles sur l'électrochimie et les mesures publiées pages 190 et 193; deux d'entre eux ont d'ailleurs été discutés dans la première partie de cette Chronique.

J. Blondin.

[1] *La Revue électrique*, t. XI, 15 mars 1909, p. 186.

UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ.

Siège social : boulevard Haussmann, 63, Paris. — Téléph. : 276-35.

Syndicats adhérents à l'Union : SYNDICAT DES FORCES HYDRAULIQUES, DE L'ÉLECTROMÉTALLURGIE, DE L'ÉLECTROCHIMIE ET DES INDUSTRIES QUI S'Y RATTACHENT; SYNDICAT PROFESSIONNEL DES INDUSTRIES ÉLECTRIQUES; SYNDICAT PROFESSIONNEL DES INDUSTRIES ÉLECTRIQUES DU NORD DE LA FRANCE; SYNDICAT PROFESSIONNEL DE L'INDUSTRIE DU GAZ (USINES ÉLECTRIQUES DU); SYNDICAT PROFESSIONNEL DES USINES D'ÉLECTRICITÉ.

UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ.

DIX-SEPTIÈME BULLETIN BIMENSUEL DE 1909.

SYNDICAT PROFESSIONNEL DES INDUSTRIES ÉLECTRIQUES.

Siège social : rue Saint-Lazare, 11.

Téléphone : 238-60.

DIX-SEPTIÈME BULLETIN BIMENSUEL DE 1909.

Le Laboratoire d'essais du Conservatoire national des Arts et Métiers.

Le Rapport sur le fonctionnement du Laboratoire d'essais pendant l'année 1908 vient de paraître. Il a été établi par M. L. Guillet, professeur au Conservatoire des Arts et Métiers, membre de la Commission technique du Laboratoire. Ce document fournit un certain nombre de renseignements des plus intéressants pour les industriels; nous pensons être utiles à nos lecteurs en résumant les parties essentielles de ce Rapport.

On sait que le Laboratoire d'essais fut créé en 1900, par décret, à la suite d'une convention passée entre le Ministre du Commerce et de l'Industrie, alors M. Millerand, le Conservatoire des Arts et Métiers, et la Chambre de Commerce de Paris. Cette convention avait permis de réaliser les fonds nécessaires à l'organisation et au fonctionnement du Laboratoire, grâce à l'importante contribution de la Chambre de Commerce de Paris, à laquelle il faut joindre les subventions annuelles des grandes sociétés d'ingénieurs ou d'industriels.

Le Laboratoire d'essais est actuellement divisé en cinq grands services ou sections :

Section de Physique : M. Biquard, chef.
Section des Métaux : M. Breuil, chef.
Section des Matériaux de construction : M. Leduc, chef.
Section des Machines : M. Boyer-Guillon, chef.
Section de Chimie : M. March, chef.

Depuis le 10 juillet 1908, la direction du Laboratoire a été confiée par M. le Ministre du Commerce et de l'Industrie à M. F. Cellerier.

Les essais électriques proprement dits sont restés toutefois en dehors des attributions de ce Laboratoire fondé postérieurement au Laboratoire central d'Électricité.

Depuis sa fondation, le Laboratoire a constamment progressé. M. Guillet fait remarquer à ce sujet « qu'il semble bien que l'année 1908 marque pour le Laboratoire d'essais du Conservatoire des Arts et Métiers une étape importante vers le développement que l'on était en droit d'escompter. Le nombre des essais demandés, les recettes que ces essais ont entraînées, les recherches scientifiques qui ont été poursuivies, tout indique une marche très nette vers le progrès. »

C'est ainsi que les recettes, qui en 1907 s'élevaient à 71131^{fr}, sont montées en 1908 à 80016^{fr},61, auxquels il convient d'ajouter les taxes de vérification des alcoomètres, densimètres et thermomètres légaux, directement encaissées par le Trésor, s'élevant à 29422^{fr},75.

La *Section de Physique* s'occupe plus spécialement de toutes les mesures industrielles de longueurs, d'angles, de poids, de densité; de la vérification des manomètres industriels ou de précision, de celle des baromètres, thermomètres, pyromètres, saccharimètres; elle effectue des essais d'optique de toute espèce, de photométrie, d'étude des combustibles, etc. Elle assure également le service de la vérification légale des thermomètres, alcoomètres, densimètres.

Une grande extension vient d'être donnée au service de la métrologie pour la vérification pratique des mesures de longueur industrielles, grâce à la confection d'un outillage de haute précision qui vient d'être complété par la confection d'étalons de mesures provenant du service de l'artillerie, après étalonnage au Pavillon de Breteuil.

Prochainement il pourra être procédé aux études sur les vis, grâce aux nouveaux procédés pratiques de vérification de M. Ch. Marre.

La *Section des Métaux* s'occupe des propriétés des produits métallurgiques en échantillons, produits bruts et ouvrés; elle effectue les essais de barres, chaînes, câbles, cordes, courroies, tissus, bois, caoutchoucs, cuirs, au point de vue des propriétés mécaniques, ainsi que l'étude des matières lubrifiantes au point de vue

du frottement des métaux, devenue d'une importance si considérable pour la marche des machines modernes.

Différents fours sont utilisés pour l'étude des traitements thermiques et chimiques des produits métallurgiques. Enfin, une installation fort complète, comprenant : appareils à polir, microscopes, salles de photographie, etc., permet d'appliquer la métallographie microscopique aux cas les plus variés et les plus difficiles, le grossissement pouvant aller à 3600 diamètres.

Parmi les principaux essais effectués par cette Section dans le cours de l'année 1908, le rapporteur signale une étude demandée par l'Administration des Monnaies et Médailles de la nouvelle monnaie d'aluminium; de très nombreux essais d'huiles à des vitesses, des pressions et des températures différentes ; une étude des métaux antifriction; des essais mécaniques de chaînes, rivets, tôles, arbres, rails, fontes, etc., ayant donné lieu à des renseignements du plus haut intérêt pour les industriels.

La *Section des Matériaux de construction* s'occupe des chaux, ciments, mortiers, pierres, produits réfractaires, céramiques, etc.

La préparation des matières premières se fait dans une série d'ateliers, l'un destiné à la taille des pierres, un autre au broyage, malaxage et séchage, un troisième à la cuisson, etc.

Il a été demandé en particulier des essais mécaniques de diverses briques silico-calcaires, de chaux, de ciments, kaolins, etc., de carreaux, de grès, meules, etc.; des conditions de frittage de dolomie, d'usure de papier d'émeri, etc.

La *Section des Machines* s'est occupée d'essais d'appareils à vapeur, chaudières, machines, turbines, de moteurs à gaz, à essence, à pétrole, de gazogènes, de machines hydrauliques, de voitures automobiles, de freins, ventilateurs, etc.

Les essais d'autoclaves ont pris un très grand développement, ainsi que les essais de calorifuges, de consommation et de fonctionnement des moteurs de groupes électrogènes, de moteurs d'automobiles et de moteurs d'aviation des derniers modèles.

Des essais d'hélices aériennes particulièrement intéressants ont été également effectués et leurs résultats ont sans aucun doute favorisé, pour leur part, le développement de la science aéronautique.

La *Section de Chimie* s'occupe plus particulièrement des matières premières végétales nouvelles ou insuffisamment connues. Elle effectue, en outre, les analyses de caoutchoucs, des huiles, des combustibles, celles des métaux et des matériaux de construction, complément d'essais mécaniques.

L'installation de cette Section se parachève de plus en plus, et nul doute qu'elle prenne bientôt une très grande importance.

Dans ses conclusions M. Guillet signale que, « malgré cette activité et un personnel restreint, les Sections ont poursuivi de nombreuses recherches. Il est tout particulièrement à noter que tous ces travaux ont un caractère essentiellement industriel, que toutes ces recherches constituent un apport très sérieux à nos connaissances sur les propriétés des matériaux de construction et sur l'utilisation de certaines machines.

» Elles montrent combien le personnel se tient au courant des méthodes modernes d'essais et quel souci il a de la perfection scientifique.

» Elles sont bien faites pour développer le prestige du Laboratoire d'essais du Conservatoire national des Arts et Métiers et lui apporter fort justement la confiance des industriels. »

Ces conclusions élogieuses méritent d'être signalées. L'industrie française voit avec la plus vive satisfaction le Laboratoire national d'essais devenir l'auxiliaire de plus en plus indispensable de ses efforts pour maintenir le bon renom de sa fabrication et de ses procédés scientifiques.

Nous sommes heureux de féliciter l'éminent directeur du Laboratoire, M. F. Cellerier, de l'orientation qu'il a su donner à la marche de cet important établissement.

Tarif des douanes françaises.

Décisions réglementaires récentes relatives au classement des marchandises.

Désignation des marchandises.		Classement.
Griffes en cuivre ou laiton pour lampes à incandescence.		V. *Pièces détachées électriques* (n° 536).
Lanternes-étanches électriques	Support à double branche.	Droit des *appareils électrotechniques* (n° 524 *bis*).
	Lampe à incandescence.	Droit des *lampes de l'espèce* (n°s 361 ou 361 *bis*).
	Protecteur en verre.	Droit de la *gobeleterie* selon l'espèce (n° 350). (Supprimer la référence aux *appareils à protéger les lampes à incandescence*.)

Bibliographie.

MM. les membres adhérents peuvent se procurer au Secrétariat général :

1° Les statuts du Syndicat;
2° Les annuaires du Syndicat;
3° La collection complète des Bulletins;
4° Les numéros séparés dont ils auraient besoin pour compléter leur collection;
5° Les instructions concernant les conditions d'établissement des installations électriques dans l'intérieur des maisons;
6° Les instructions générales pour la fourniture et la réception des machines et transformateurs électriques;
7° La série de prix des travaux d'électricité établie par le groupe des Chambres syndicales du bâtiment et des industries diverses et le Syndicat Professionnel des Industries électriques (édition de 1907);
8° Le Rapport de M. Guieysse sur les retraites ouvrières;
9° Les affiches dont l'apposition est prescrite par les lois réglementant le travail (voir *Bulletin* de juin 1905);
10° Les affiches « Dangers de l'alcoolisme » et « Conseils pour éviter la tuberculose »;
11° L'affiche indiquant les secours en cas d'accidents dus aux conducteurs d'énergie électrique;
12° La loi du 15 juin 1906 sur les distributions d'énergie;

les décrets, arrêtés et circulaires relatifs à l'application de cette loi;

13° La convention pour la concession de la distribution de l'énergie électrique dans Paris.

Liste des documents publiés dans le présent Bulletin à l'intention des membres du Syndicat Professionnel des Industries électriques.

Ministère des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes. — Arrêté portant organisation de la Commission des distributions d'énergie électrique, p. 196. — Arrêtés organisant le contrôle des distributions d'énergie électrique dans plusieurs départements, p. 197.

Avis commerciaux. — Rapports commerciaux des agents diplomatiques et consulaires de France, p. 198.

SYNDICAT PROFESSIONNEL DES USINES D'ÉLECTRICITÉ.

Siège social : rue Tronchet, 27, Paris.

Téléphone : 225-92.

DIX-SEPTIÈME BULLETIN BIMENSUEL DE 1909.

SOMMAIRE : Liste des nouveaux adhérents, p. 173. — Bibliographie, p. 173. — Compte rendu bibliographique, p. 173. — Liste des documents publiés à l'intention des membres du Syndicat Professionnel des Usines d'Électricité, p. 173.

Liste des nouveaux adhérents depuis le 30 août 1909.

Membres actifs.

MM.

FOY (Eugène), Directeur de la Société d'Électricité de Caen, 35, boulevard Bertrand, Caen (Calvados), présenté par MM. Henri Cahen et E. Fontaine.

PRIEUR (Charles), Ingénieur des Arts et Manufactures, Directeur de la Société d'Applications industrielles, Administrateur de l'Énergie électrique du Centre et de la Compagnie électrique de la Loire, 22, rue de Tocqueville, Paris, présenté par MM. Henri Cahen et E. Fontaine.

Membre correspondant.

M.

FERRAND (Émile-Étienne), Électricien, 79, rue de Patay, Paris, présenté par MM. Guillaume et E. Fontaine.

Bibliographie.

1° Collection reliée des Bulletins des années 1896 à 1899 (Tome I).

2° Collection reliée des Bulletins des années 1900 et 1901 (Tome II).

3° Collection reliée des Bulletins des années 1902 et 1903 (Tome III).

4° Collection reliée des Bulletins de l'année 1904 (Tome IV).

5° Collection reliée des Bulletins de l'année 1905 (Tome V).

6° Collection reliée des Bulletins de l'année 1906 (Tome VI).

7° Collection reliée des Bulletins de l'année 1907 (Tome VII).

8° Loi et décrets du 9 avril 1898 sur les accidents du travail.

9° Loi du 22 mars 1902 complétant celle du 9 avril 1898 dont la connaissance doit être donnée aux ouvriers par l'affichage dans les ateliers. Il y a lieu pour les membres adhérents de se pourvoir d'affiches répondant à ces nécessités.

Selon les préférences, le Secrétariat peut remettre aux adhérents soit la loi du 22 mars 1902 isolée, soit la loi du 9 avril 1898 remaniée et mise au point. Cette deuxième affiche est plus chère que la première.

10° Circulaire ministérielle du 19 août 1895 : secours à donner aux personnes foudroyées (*courants continus*).

11° Circulaire ministérielle du 19 août 1895 : secours à donner aux personnes foudroyées (*courants alternatifs*).

12° Études sur l'administration et la comptabilité des usines électriques, par A.-C. Ray.

13° Instructions pour l'entretien et la vérification des compteurs, à courant continu et à courant alternatif.

14° Rapport de la Commission des Compteurs, présenté au nom de cette Commission, par M. Rocher, au Congrès du Syndicat, le 13 juin 1903 (document strictement personnel et confidentiel réservé aux seuls membres du Syndicat).

15° Rapport fait au nom de la Commission chargée d'examiner le projet de loi sur les distributions d'énergie par M. A. Berthelot, député.

16° Projet de loi relatif aux usines hydrauliques sur les cours d'eau non navigables ni flottables, présenté au nom de M. Émile Loubet, Président de la République française, par M. Léon Mougeot, Ministre de l'Agriculture.

17° Projet de loi tendant à autoriser la Ville de Paris à emprunter une somme de 120 millions et à organiser le service du gaz, présenté au nom de M. Émile Loubet, Président de la République française, par M. E. Combes, Président du Conseil, Ministre de l'Intérieur et des Cultes.

18° Note sur la traction électrique des chemins de fer, par M. le Dr Tissot (Congrès du Syndicat, 1903).

19° Conférence de M. Chaumat sur la Télégraphie sans fil (Congrès du Syndicat, 1904).

(*Adresser les commandes à M. le Secrétaire général.*)

Compte rendu bibliographique.

Il sera fait mention de tous les Ouvrages d'intérêt général relatifs aux Associations comme aussi de tous les Livres techniques utiles pour les applications du courant électrique dont on fera parvenir deux exemplaires au Syndicat Professionnel des Usines d'Électricité.

Liste des documents publiés dans le Bulletin à l'intention des membres du Syndicat Professionnel des Usines d'Électricité.

Législation : Circulaire relative à la communication au service des Télégraphes de l'avant-projet des distributions à établir par permission de voirie, p. 196. — Arrêté portant organisation de la Commission des distributions d'énergie électrique, p. 196.

Chronique financière et commerciale : Nouvelles Sociétés, p. 197. — Nouvelles installations d'éclairage électrique, p. 197. — Société anonyme d'éclairage électrique du Secteur de la place Clichy, p. 197. — Avis, p. 200. — Demandes d'emplois, *voir* aux annonces, p. XIX.

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

MACHINES DYNAMOS.

L'emploi du pas d'enroulement raccourci, par F. PUNGA (*Elektrotechnik und Maschinenbau*, t. XXVII, 13 juin 1909, p. 559 à 563). — L'auteur fait remarquer que l'emploi de ce mode d'enroulement est très répandu en Amérique, aussi bien pour les moteurs que pour les génératrices, et il s'étonne qu'il n'en soit pas de même en Europe, car les avantages de ce système sont considérables.

Comme avantage principal, l'auteur voit surtout la possibilité d'une normalisation plus étendue, car l'emploi du pas raccourci permet de faire varier le nombre de conducteurs par encoche dans le rapport de 1 à 1,3 ou 1,4, sans modifier le flux effectif.

Il est également possible d'employer un modèle existant pour un plus grand nombre de pôles; la partie de l'enroulement placée à l'extérieur du pas prend, pour deux pôles, une place double de celle occupée pour quatre pôles. Au lieu de construire un nouveau modèle pour deux pôles, d'un placement difficile, il est possible d'utiliser le modèle à quatre pôles en employant l'enroulement à pas raccourci.

Dans le cas de machines à courant continu sans pôles de commutation, il est possible de raccourcir légèrement le pas de l'enroulement, bien que le bénéfice ne soit pas considérable, car le fonctionnement des balais en devient un peu plus délicat, malgré la diminution du nombre d'ampères-tours de l'infini.

Il est possible de construire une dynamo à pôles de commutation de telle sorte que son compoundage soit réalisé sans qu'il soit nécessaire de munir les pôles principaux d'un enroulement-série, en ayant soin de décaler les balais vers l'arrière et en choisissant le pas de l'enroulement de telle sorte que la moitié des bobines en commutation soit vers les pôles auxiliaires, l'autre moitié étant près des mêmes pôles, à l'entrée de ceux-ci, dans le sens du mouvement; avec ce dispositif, il est possible d'utiliser 10 à 15 pour 100 des ampères-tours de l'induit pour le compoundage.

L'emploi du pas d'enroulement raccourci serait plus avantageux dans le cas d'une machine complètement compensée; cette sorte de machine possède un stator identique à celui d'un moteur asynchrone, muni d'un seul enroulement diphasé; la seule différence est la plus grande place réservée à l'enroulement d'excitation. On a déjà constaté que ce dispositif ne procure pas une compensation parfaite; comme on le voit sur la figure 1, les ampères-tours de l'induit sont représentés par le triangle ABC, ceux de compensation par un trapèze ADEC; entre D et E, les ampères-tours de commutation restent constants, car cette place est réservée à l'enroulement d'excitation; il en résulte une distorsion du champ effectif, du même ordre de grandeur que si la machine ne possédait pas d'enroulement de compensation, mais de sens opposé; il est, par suite, nécessaire de prévoir sur ces machines des pôles auxiliaires desti-

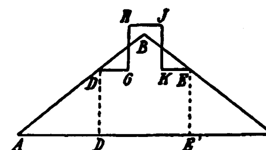


Fig. 1.

nés à prévoir la commutation, et l'on s'efforce de réaliser le diagramme de la figure 2.

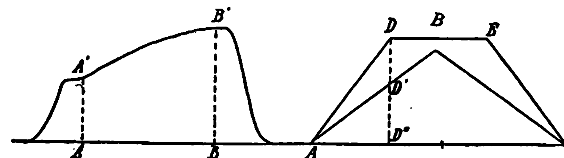


Fig. 2.

L'emploi du pas d'enroulement raccourci permet une solution beaucoup plus avantageuse; les ampères-tours d'induit ont maintenant une forme trapézoïdale AB'B"C (*fig.* 3), et l'on voit qu'il est maintenant possible d'obtenir un fonctionnement parfait sans emploi de pôles auxiliaires.

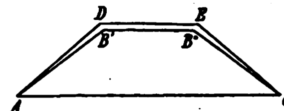


Fig. 3.

L'auteur a fait des essais avec une machine munie de ces enroulements et a obtenu d'excellents résultats; il fait remarquer que, en outre, dans le cas de machines à variation de vitesse, la tension entre lames du collecteur reste constante.

Dans la figure 3, la ligne DE a été divisée en avant de B'B"; on a remarqué très souvent que la meilleure commutation était obtenue quand DE coïncidait avec B'B", ce qui tendrait à prouver qu'un champ de commutation est inutile, en accord avec la théorie de Menges (*Revue électrique*, t. IX, 1908, p. 458).

L'auteur examine ensuite le cas des moteurs et alternateurs polyphasés; il rappelle les avantages de l'enroulement à pas raccourci et fait remarquer en outre que, dans la plupart des cas, l'emploi de ce système permet une économie de matières et une amélioration du rendement.

L'économie de matières est particulièrement sensible si le nombre des pôles est relativement petit, car, dans ce cas, la plus grande partie du cuivre est placée à l'extérieur du fer; mais, comme la place pour le cuivre est limitée dans le stator, le pas de l'enroulement le plus favorable est généralement plus grand pour le stator que pour le rotor.

Deux classes d'enroulement peuvent être distinguées, suivant que les encoches contiennent deux moitiés de bobines ou une seule bobine; au point de vue de la distribution des ampères-tours, la première classe est préférable, mais il est impossible de l'utiliser dans le cas d'enroulement à haute tension.

La figure 4 montre un enroulement à deux pôles avec deux encoches par pôle et par phase, dans lequel le pas est diamétral, chaque encoche contenant deux moitiés de bobine.

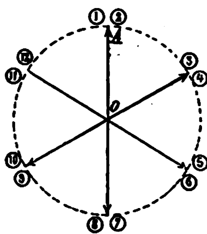


Fig. 4.

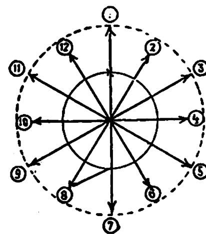
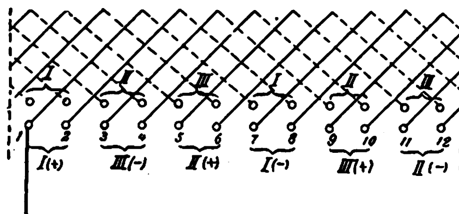


Fig. 5.

La figure 5 montre le même enroulement avec pas fortement raccourci ($\frac{1}{2}$ du pas polaire); les figures 6 et 7



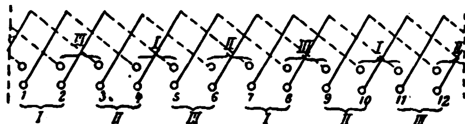


Fig. 6 et 7.

donnent les distributions des ampères-tours qui en résultent et qui montrent l'avantage de l'enroulement à pas raccourci; la distribution des ampères-tours de la figure 7 est, en effet, plus avantageuse que celle de la figure 6; un travail de Cabot, Adams et Irwing a, en outre, montré que la dispersion était réduite de 20 pour 100 par l'emploi du pas d'enroulement raccourci; il en résulte une amélioration des facteurs de puissance.

L'auteur fait remarquer ensuite que l'emploi du pas raccourci est une des marques particulières du moteur série répulsion d'Alexanderson, et aussi d'un grand nombre de moteurs monophasés à collecteurs, à l'exception de ceux dans lesquels il est fait usage de pôles auxiliaires. En dehors de l'économie de cuivre qui en résulte, on peut remarquer que la dispersion en est réduite et que le facteur de puissance est amélioré.

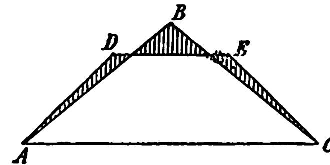


Fig. 8.

La figure 8 montre le diagramme des ampères-tours d'un moteur à répulsion ordinaire; la partie hachurée montre la partie non compensée et qui produit une augmentation de la self-induction, causant une diminution du facteur de puissance; la commutation est également influencée désavantageusement; l'emploi d'un enroulement avec pas raccourci améliorerait considérablement ces conditions, comme nous l'avons vu pour les machines à courant continu. E. B.

MOTEURS THERMIQUES.

Les turbines à vapeur, par W.-H. EYERMANN (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXIX, 11, 18, 25 juin et 2 juillet 1908, p. 591 à 652). — L'auteur expose la théorie élémentaire de la turbine à vapeur, décrit un certain nombre de ces appareils construits en Allemagne et fait la comparaison des différents systèmes.

Il y a quinze ans à peine, la turbine à vapeur était connue seulement d'un petit nombre de techniciens; aujourd'hui, le nombre des turbines construites et en exploitation est considérable, leur puissance se compte par milliers de chevaux.

La machine à vapeur à piston utilise la tension statique de la vapeur: dans la turbine, au contraire, on utilise la pression dynamique exercée par cette vapeur sur la partie mobile de la machine, la roue à aubes, et crée ainsi un couple moteur sur cette roue.

La pression dynamique se produit toujours lorsqu'une masse est obligée de modifier son état de mouvement. Un tel changement de vitesse a lieu, par exemple, si la vapeur s'écoule d'un réservoir où elle est sous une pression plus grande que celle qui règne au dehors. Si la quantité de vapeur qui s'écoule par seconde pèse un poids G kilogrammes, la vitesse d'écoulement étant w mètres par seconde, il est nécessaire d'amener par seconde la masse $\frac{G}{g}$ à la vitesse w, et la pression exercée par la vapeur est $P = \frac{G}{g} w$, à laquelle correspond une pression égale et opposée exercée sur le réservoir (réaction). Si le réservoir est relié d'une façon convenable à une roue mobile, cette réaction peut être utilisée et produire du travail; ce système est à proprement parler une turbine à réaction, et la figure 1 en est une repré-

sentation schématique : la vapeur est introduite en A, c'est-à-dire au point où la vitesse est la plus faible. Si toute la circonférence de la roue porte des ouvertures,

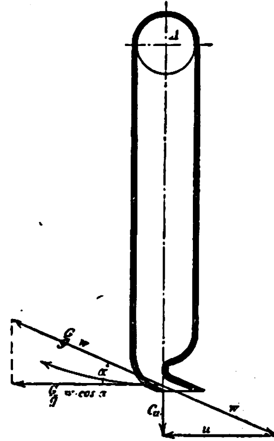


Fig. 1.

la direction de la vapeur doit faire un angle α avec la tangente à la roue; la pression à la circonférence est alors

$$\frac{G}{g} w \cos\alpha.$$

Si la vitesse à la circonférence est égale w mètres par seconde, la vitesse absolue à la sortie est égale à c_a et, par suite, la perte à la sortie est égale à $\frac{G}{g}\frac{c_a^2}{2}$. Cette perte croît avec l'angle α et devient un minimum pour $u = \omega \cos\alpha$, ou, pour α très petit, $u = \omega$. Cette valeur correspond donc au maximum de rendement.

La figure 2 montre la turbine d'action; dans ce cas, le

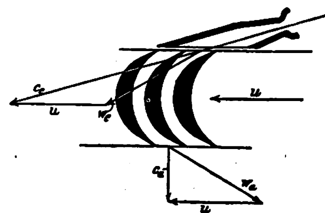


Fig. 2.

réservoir de vapeur sous pression est fixe; la vapeur qui s'échappe rencontre une surface courbe (aube) et change de direction sans modifier sa vitesse ni sa pression, elle exerce par suite une pression sur les aubes dans la direction du mouvement de ces dernières, proportionnelle à la masse qui s'écoule par seconde et à la composante de la vitesse de la vapeur mesurée dans cette direction. La figure 3 montre le diagramme des vitesses; la vitesse absolue de sortie est c_a, somme géométrique de w_a et u; il est facile de voir qu'ici aussi une diminution de l'angle α diminue la perte à la sortie, pour un très petit angle, $\cos\alpha = 1$ et, par suite, le rendement est maximum si

$$u = \frac{c_e}{2} = w_e = w_a.$$

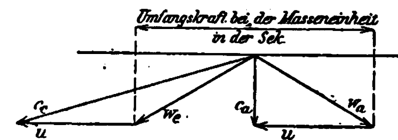


Fig. 3.

Il existe donc entre la turbine de réaction et la turbine d'action la différence fondamentale suivante : dans la première, la vapeur possède à son entrée dans la roue mobile une pression plus grande qu'à sa sortie, laquelle différence de pression est utilisée à accroître la vitesse relative de la vapeur à l'intérieur de l'aubage; dans la turbine d'action au contraire, la pression et la vitesse relative de la vapeur, pendant son passage dans la roue mobile, restent constantes.

La différence est très importante en pratique, car la roue de la turbine à réaction sépare des espaces où règnent des pressions différentes qui doivent être parfaitement étanches par rapport aux parties fixes de la machine, de façon que la vapeur soit obligée de passer par la roue à aubes. Dans le cas de la turbine d'action, la vapeur n'a pas tendance à passer autour de la roue et il est possible, par suite, de ménager des jeux importants entre les parties fixes et mobiles. Le rapport le plus favorable entre la vitesse de la vapeur, w dans le cas de la turbine de réaction et c_e dans le cas de la turbine d'action, et la vitesse de la roue est égal à 1 dans le premier cas et à 2 dans le dernier.

Il n'existe pas à proprement parler de turbine entièrement à réaction; en général une partie de la chute de pression s'effectue dans une roue à aubes directrices, fixe, la moitié en général (Parsons); l'autre moitié de la chute de pression est effectuée dans la roue mobile; la vitesse la plus favorable de cette dernière est alors égale aux trois quarts de la vitesse de la vapeur.

La détente de la vapeur, et par suite l'augmentation de sa vitesse d'écoulement, s'effectue dans un ajutage, qui peut être un tube droit, mais qui peut aussi avoir la forme d'une roue à aubes, fixe ou mobile. Le travail communiqué à la particule de vapeur de poids G, de volume $G v_1$, sous pression p_1, à son entrée dans l'ajutage, est

$$A_1 = G p_1 v_1,$$

le travail fourni à la sortie par la même quantité de vapeur est

$$A_2 = G p_2 v_2,$$

et le travail devenu libre à l'intérieur de l'ajutage par l'augmentation de volume de v_1 à v_2 est

$$A_{1.2} = G \int_1^2 p\, dv,$$

et le travail dû à l'accélération de la quantité de vapeur

considérée est

$$A = G\left(p_1v_1 + \int_1^2 p\,dv - p_2v_2\right) = \int_1^2 v\,dp.$$

Si la relation entre p et v est donnée, cette expression peut être représentée par la surface hachurée du diagramme de la figure 4, dans laquelle les ordonnées

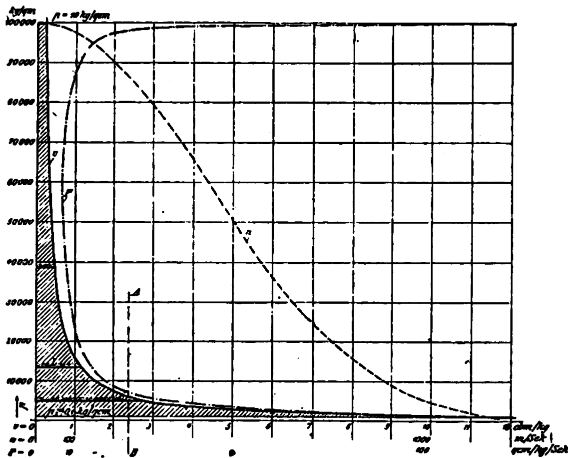


Fig. 4.

représentent les pressions spécifiques de la vapeur en kilogrammes : mètre carré et les abscisses des volumes spécifiques en mètres cubes : kilogramme, la surface représente le travail en kilogrammètres par kilogramme de vapeur.

Le diagramme montre que pour une même chute de pression, pour une pression basse, correspond une plus grande quantité d'énergie que pour une pression élevée, ce qui explique que l'amélioration du vide au condenseur augmente le rendement de l'appareil et diminue la consommation de vapeur par cheval.

Le diagramme de la figure 4 est dessiné à l'échelle, pour la détente adiabatique de la vapeur, c'est-à-dire dans le cas où la détente s'effectue sans qu'il y ait échange de chaleur entre la vapeur et les parois, ce qui est à peu près le cas de la turbine. La pression initiale $p_1 = 10^{\text{atm}} = 100000^{\text{kg:m}^2}$ et la pression au condenseur $p_2 = 0^{\text{atm}},1 = 1000^{\text{kg:m}^2}$. L'aire de la partie hachurée est égale à 7^{cm^2}, chaque centimètre carré correspond à 10000^{kgm} par kilogramme; le travail disponible par kilogramme de vapeur est donc égal à 70000^{kgm}. Cette quantité de travail doit être égale à

$$\frac{1^{\text{kg}}}{g}\,\frac{w^2}{2},$$

où

$$w = \sqrt{2g.70000} = 1170^{\text{m}} \text{ par seconde.}$$

La courbe w donne la vitesse de la vapeur dans l'ajutage pour toutes les valeurs de p; entre 10^{atm} et 5^{atm}, par exemple, la vitesse est égale à 500^{m} par seconde; comme le volume de 1^{kg} de vapeur à 5^{atm} est égal à $v = 0^{\text{m}^3},36$, la section de l'ajutage devra être par kilogramme de vapeur :

$$F = \frac{v}{w} = \frac{0,36}{500} = 0^{\text{m}^2},00072.$$

Les valeurs de F sont également données dans le diagramme (courbe F); on voit que l'ajutage doit d'abord être rétréci et ensuite élargi, le minimum de section correspondant à la pression $p_m = 0,57 p_1$.

Dans le cas de la turbine la plus simple, la vitesse de la roue mobile devrait être égale à 1170^{m} pour la turbine de réaction et à 585^{m} pour la turbine d'action; mais il est impossible d'aller aussi loin à cause de la fatigue exagérée imposée à la matière par la force centrifuge et la vitesse de 400^{m} est le maximum admissible. Le rendement de la turbine de réaction est alors 56 pour 100 et celui de la turbine d'action est 90 pour 100. Mais ces

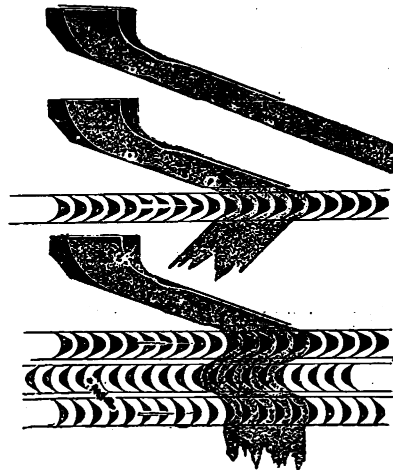


Fig. 5.

valeurs doivent encore être fortement diminuées pour tenir compte des pertes par frottement de la vapeur. Dans tous les cas, la turbine d'action doit donner de meilleurs résultats que la turbine de réaction.

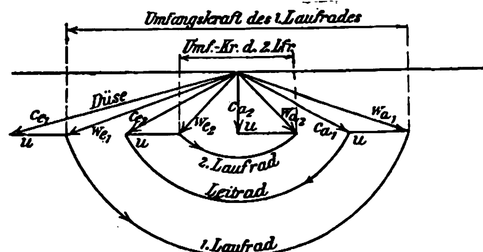


Fig. 6.

L'emploi d'une seule roue conduit à un nombre de tours considérable pour les diamètres de roues utilisables en pratique; de Laval faisait tourner une roue de 250^{mm} de diamètre à plus de 30000 tours par minute.

Il est possible d'augmenter le diamètre de la roue pour diminuer le nombre de tours; une roue de $2^m,500$ de diamètre tournerait à 3000 tours environ. Un calcul simple montre que cette roue fonctionnant à injection totale pourrait fournir sur son arbre 1200 chevaux environ; le frottement de la roue tournant dans la vapeur absorbe environ 50 chevaux, ce qui est peu important dans le cas d'une injection totale, mais ce qui serait

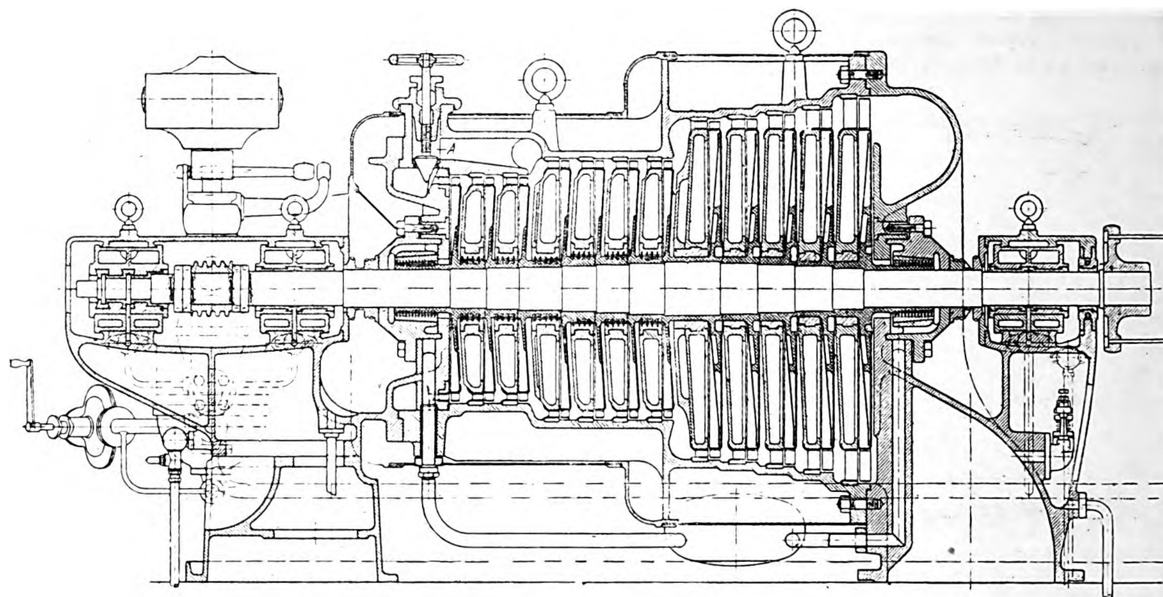


Fig. 7.

inadmissible pour une admission partielle ayant pour but de diminuer la puissance disponible sur l'arbre de la turbine.

A cette vitesse de 400^m par seconde, le métal de la roue travaille à 2000^{kg} par centimètre carré; il est donc nécessaire d'employer un acier au nickel qui coûte très cher.

La diminution du nombre de tours, ainsi que celle de la vitesse à la circonférence, est possible de deux manières : l'une repose sur la diminution de la vitesse de la

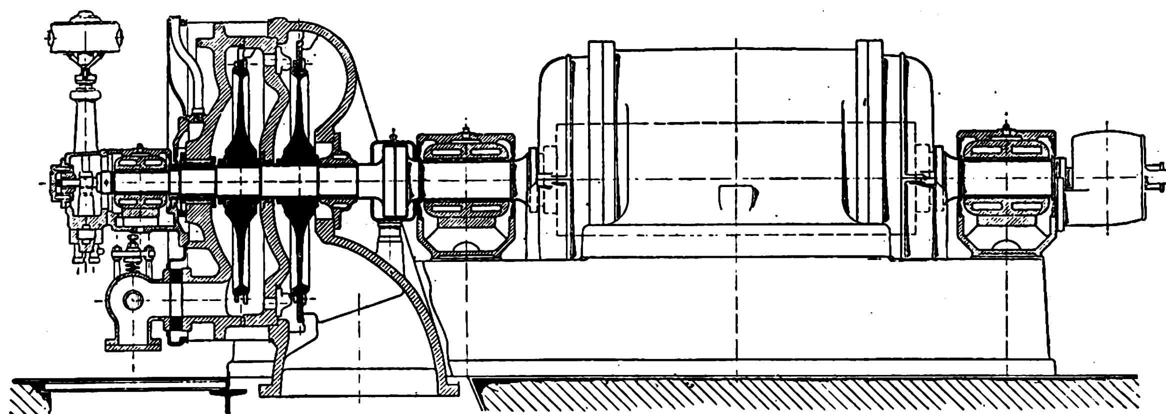


Fig. 8.

vapeur par le partage de la chute de pression dans plusieurs systèmes de roues montées en série, l'autre sur l'utilisation de la vitesse de la vapeur à sa sortie de la première roue en lui faisant traverser une ou plusieurs roues fixes et mobiles.

Dans la figure 4 on a partagé toute la surface hachurée en quatre parties égales à $\frac{L}{4}$; la vitesse correspondante de la vapeur est

$$w = \sqrt{2g\frac{L}{4}} = \frac{1}{2}\sqrt{2gL},$$

elle est ainsi égale à la moitié de la première; la vitesse de la roue est diminuée dans la même proportion.

Le fonctionnement du deuxième système est montré par la figure 5; le diagramme de la figure 6 montre les vitesses de la vapeur et de la roue. La vapeur quitte la première roue avec une vitesse absolue considérable; elle est conduite par une roue fixe directrice, sans modification de vitesse et de pression (sauf les pertes), sur une deuxième roue mobile; et le diagramme de la figure 6 montre que le rendement devient maximum pour une vitesse absolue à la sortie c_a minimum et

$$u = \frac{c_{e_1} \cos \alpha}{4}$$

dans le cas des deux roues, ou

$$u = \frac{c_{e_1} \cos \alpha}{2n}$$

pour n roues.

On voit qu'il serait possible de diminuer considérablement le nombre de tours en augmentant le nombre de roues mobiles et fixes, mais on est limité rapidement par les pertes considérables occasionnées par le frottement de la vapeur sur les aubes, de sorte que le nombre de roues dépasse rarement trois.

La figure 7 montre la coupe d'une turbine Rateau-Œrlikon, de 500 chevaux; les roues sont de diamètre croissant en allant vers l'échappement, pour tenir compte de l'augmentation de volume de la vapeur; les plateaux de séparation des différents degrés de pression sont en deux parties ainsi que la carcasse extérieure, pour faciliter le démontage; leur jeu sur l'arbre est aussi faible que possible pour éviter les fuites de vapeur d'un compartiment à l'autre.

La turbine représentée par la figure 8 est également une turbine d'action construite par Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft; la détente a lieu en deux degrés; chacune des deux roues porte deux couronnes d'aubes,

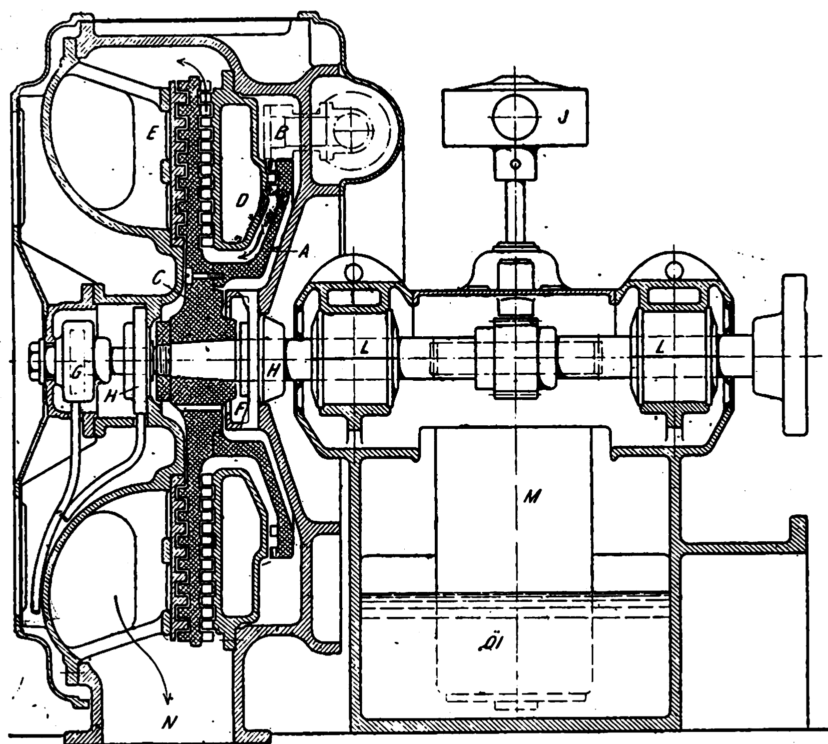


Fig. 9.

entre lesquelles se trouvent des secteurs ou des roues directrices; le démontage s'effectue suivant l'axe. La vapeur pénètre par le plateau de fermeture et l'échappement se fait par une tubulure à la partie inférieure entre les montants du socle.

L'auteur de l'article, Eyermann, a établi une turbine d'une disposition assez curieuse représentée par la figure 9 : la vapeur vive arrive en B, traverse les deux rangées d'aubes de la roue A et agit ensuite sur toute une série d'aubes disposées concentriquement, en allant du centre à la circonférence.

E. B.

TRACTION ET LOCOMOTION.

CHEMINS DE FER.

Étude du mouvement d'un train. — I. ÉQUATION DU MOUVEMENT. — La méthode la plus pratique pour l'étude d'un problème de traction est basée sur l'emploi de courbes reliant les différents facteurs qui entrent en jeu et montrant les lois de variation de ces facteurs entre eux ou par rapport à une même quantité, soit le temps.

La courbe fondamentale et qui représente les différentes phases de la marche d'un train est celle des vitesses en fonction des temps (*fig.* 1), laquelle est en

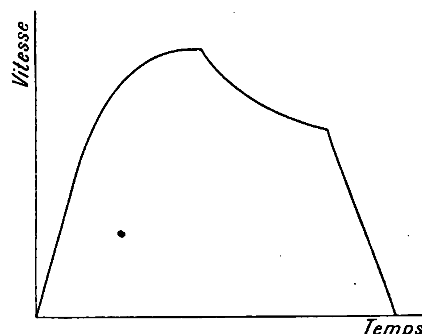


Fig. 1.

réalité formée de plusieurs éléments qui correspondent à des périodes déterminées et distinctes d'une marche, lesquelles sont celles d'*accélération* et de *retardation*. La première est celle pendant laquelle on fournit du courant aux moteurs; elle comprend :

Un premier élément qui est une partie droite et correspond à l'accélération sur le contrôleur; son coefficient angulaire en représente la valeur.

Un deuxième élément qui est une partie courbe tangente au précédent et le prolonge; il dépend directement des caractéristiques du moteur et est déterminé par elles.

La deuxième période, ou retardation, comprend :

Généralement un élément courbe dû à ce fait, qu'en général le courant est supprimé un certain temps avant l'application des freins; le train marche alors par inertie. Cet élément diffère peu d'une ligne droite et on l'y confond quelquefois.

Enfin un dernier élément qui correspond au freinage et que l'on confond généralement avec une droite, ce que nous ferons. La loi de variation qu'il représente est en effet très complexe et en outre très incertaine. Le coefficient angulaire de cet élément droit représente la valeur de la retardation due au freinage.

L'énergie fournie au véhicule pendant la première période a été employée : 1° pour vaincre les résistances mécaniques et est transformée en chaleur; 2° pour franchir les pentes et est transformée en énergie potentielle; 3° pour vaincre l'inertie du véhicule et est transformée en énergie cinétique.

La courbe constituée par la réunion des quatre éléments précédents représente le cas le plus simple : celui où, entre deux arrêts consécutifs, on n'utilise le courant qu'une fois pour le démarrage et la mise en vitesse; dans le cas le plus général un parcours complet sera représenté par une série de courbes composées comme la précédente, car il y aura généralement des ralentissements, et par suite des accélérations intermédiaires, dus à des passages en courbes de faibles rayons, par exemple.

Cherchons l'équation générale de ces courbes, c'est-à-dire l'équation du mouvement d'un train.

Soient :

P le poids du train en tonnes,
v la vitesse en kilomètres par heure,
g l'accélération due à la pesanteur en m : sec²,
k le moment d'inertie d'un essieu et de ses roues en kg-masse × m²,
n le nombre des essieux,
w la vitesse angulaire des roues,
k' le moment d'inertie de l'armature d'un moteur en en kg-masse × m²,
n' le nombre de moteurs,
m le rapport du nombre de dents de la roue à celui du pignon.

La puissance vive totale du train est

$$\frac{1}{2}\,\frac{1000\,P}{g}\left(\frac{v}{3,6}\right)^2 + \frac{1}{2}\,nkw^2 + \frac{1}{2}\,n'k'm^2w^2$$

ou

$$\frac{1000}{2g}\left(\frac{v}{3,6}\right)^2\left[P + \frac{g}{1000}\,\frac{w^2}{\left(\frac{v}{3,6}\right)^2}(nk + n'k'm^2)\right],$$

ou encore

$$\frac{1000}{2g}\left(\frac{v}{3,6}\right)^2(P + H),$$

en appelant H la quantité qui doit être ajoutée à P.

L'effet des parties tournantes sur la puissance vive totale du train est donc le même que si le poids total du train était augmenté d'une certaine quantité que nous appelons ici H. On a trouvé que cette quantité H pouvait s'exprimer en pour 100 du poids P, c'est-à-dire

$$H = \lambda P,$$

de telle sorte que l'expression de la puissance vive totale du train prend la forme

$$\frac{1000}{2g}\left(\frac{v}{3,6}\right)^2 P' \qquad \text{avec} \qquad P' = P + \lambda P = P(1 + \lambda).$$

P′ est le poids *apparent* ou poids *d'inertie* du train; c'est le poids d'un mobile se déplaçant d'un mouvement purement linéaire avec la vitesse v et ayant la même puissance vive que le train. C'est P′ qu'il faut considérer pour étudier l'accélération et la retardation.

Le coefficient λ est en général compris entre 0,05 et 0,14. On a trouvé qu'on avait en moyenne les valeurs suivantes (M. A.-H. Armströng) :

1° Locomotives électriques et trains lourds à marchandises,

$$\lambda = 0{,}05;$$

2° Locomotives électriques, trains voyageurs à grande vitesse, soit 100 kilomètres : heure et plus,

$$\lambda = 0{,}07;$$

3° Automotrices tramways à grande vitesse, soit 60 à 80 kilomètres : heure,

$$\lambda = 0{,}07;$$

4° Automotrices tramways, métropolitains, vitesse dans le voisinage de 45 kilomètres : heure,

$$\lambda = 0{,}10$$

(valeur prise entre autres pour le Manhattan Elevated Ry de New-York).

5° Tramways de surface de villes, vitesse faible (30 kilomètres : heure et moins),

$$\lambda = 0{,}12 \quad \text{à} \quad 0{,}14.$$

Soient maintenant :

T l'effort de traction total en kilogrammes,

r la somme des résistances dues aux frottements de diverses natures et à l'air,

c la résistance due aux courbes,

i la résistance due aux pentes, i sera positif pour les rampes et négatif pour les descentes;

r, c, i sont exprimés en kilogrammes par tonne.

L'équation des forces vives est

$$\frac{1000\,\mathrm{P'}}{3{,}6g} \times \frac{dv}{dt} + \mathrm{P}(r + c + i) = \mathrm{T},$$

d'où, après réduction,

$$(1) \qquad \frac{dv}{dt} = 0{,}03532\left[\frac{\mathrm{T}}{\mathrm{P'}} - \frac{\mathrm{P}}{\mathrm{P'}}(r + c + i)\right],$$

qui est l'équation différentielle générale du mouvement.

$\frac{dv}{dt}$ est donné en km : h par seconde; en m : s par seconde on aurait

$$\frac{dv}{dt} = 0{,}00981\left[\frac{\mathrm{T}}{\mathrm{P'}} - \frac{\mathrm{P}}{\mathrm{P'}}(r + c + i)\right].$$

Comme nous exprimons la vitesse en km : h, nous conservons l'équation (1), ce qui nous semble plus naturel, nous ralliant ainsi aux théories exposées par M. C.-O. Mailloux au Congrès de Marseille.

Le temps en secondes au bout duquel le train aura atteint la vitesse v en km : h sera

$$t = \frac{1}{0{,}03532}\int_0^v \frac{dv}{\frac{\mathrm{T}}{\mathrm{P'}} - \frac{\mathrm{P}}{\mathrm{P'}}(r + c + i)}.$$

On a alors :

Pendant la période d'*accélération*, l'équation différentielle

$$(1) \qquad \frac{dv}{dt} = 0{,}03532\left[\frac{\mathrm{T}}{\mathrm{P'}} - \frac{\mathrm{P}}{\mathrm{P'}}(r + c + i)\right].$$

Pendant celle de *retardation sans freinage*, où T est nul,

$$(2) \qquad \frac{dv}{dt} = -\,0{,}03532\left[\frac{\mathrm{P}}{\mathrm{P'}}(r + c + i)\right].$$

Pendant celle de *freinage*, en admettant un effort de freinage par tonne constant A, c'est-à-dire que la courbe de freinage est une droite,

$$\frac{dv}{dt} = -\,0{,}03532\left[\mathrm{A} + \frac{\mathrm{P}}{\mathrm{P'}}(r + c + i)\right].$$

On admet généralement comme valeur constante A de l'effort de freinage par tonne environ 75^{kg}, et l'on admet de plus que cette valeur 75 englobe les deux termes en r et c, de sorte que l'on fait, en somme,

$$\mathrm{A} + \frac{\mathrm{P}}{\mathrm{P'}}(r + c) = 75,$$

et alors l'équation différentielle de la période de freinage est finalement

$$\frac{dv}{dt} = -\,0{,}3532\left(75 + \frac{\mathrm{P}}{\mathrm{P'}}i\right)$$

ou

$$(3) \qquad \frac{dv}{dt} = -\,2{,}65 - 0{,}03532\frac{\mathrm{P}}{\mathrm{P'}}i.$$

Valeur de r. — On admet généralement que la résistance au mouvement d'un véhicule est de la forme

$$r = a + bv + \frac{cs}{\mathrm{P}}v^2;$$

r est exprimé en kilogrammes par tonne, v en km : h, s en mètres carrés. s est la surface enveloppe de la voiture et est limitée inférieurement à un plan tangent au niveau des rails. P est le poids du véhicule en tonnes.

Le premier terme représente la résistance due aux frottements des fusées d'essieux; elle est indépendante de la vitesse, mais varie avec le poids P.

Le second terme représente la résistance due aux frottements des roues sur les rails, à l'influence des joints et à la flexion des rails. On admet que cette résistance est proportionnelle à la vitesse.

Le troisième terme représente la résistance due à l'air. Celle-ci est très complexe; elle comprend le frottement de l'air sur l'avant, sur les surfaces latérales, tourbillons et remous à l'arrière. Elle varie avec la vitesse et la forme des surfaces avant et arrière, sur-

tout aux grandes vitesses. On admet qu'elle est proportionnelle au carré de la vitesse et à la surface offerte s.

Dans le cas d'un train composé de n voitures de même section transversale s, on a trouvé que chaque véhicule ajouté au premier augmentait la résistance au mouvement d'une quantité correspondant à une augmentation de la section s de 10 pour 100. On a alors pour un train de n voitures (y compris la voiture de tête)

$$r = a + bv + \frac{cs}{P} v^2 [1 + 0,10(n-1)].$$

Un nombre considérable de formules pratiques dérivées de celle-ci a été donné. Nous ne mentionnerons ici que celle à laquelle sont arrivés il y a quelque deux ans la General Electric C° et le New-York Central Railroad à la suite d'un grand nombre d'essais faits sur les lignes du New-York Central avec des trains électriques. Leurs ingénieurs ont en outre trouvé que le premier terme variait sensiblement comme l'inverse de la racine carrée du poids du train, de sorte que leur formule est

$$r = \frac{a'}{\sqrt{P}} + bv + \frac{cs}{P} v^2 [1 + 0,10(n-1)]$$

avec

$$a' = 24, \qquad b = 0,0093, \qquad c = 0,0038,$$

le premier terme $\frac{a'}{\sqrt{P}}$ devant en outre être limité à la valeur minimum 1,75.

Finalement

$$r = \frac{24}{\sqrt{P}} + 0,0093v + 0,0038 \frac{s}{P} v^2 \quad [1 + 0,10(n-1)].$$

Dans le cas d'un véhicule à moteurs électriques, le premier terme comprend les frottements des arbres des moteurs dans leurs paliers et dans les engrenages. La formule ci-dessus a été obtenue par la méthode du lancer, et avec des trains à locomotives électriques diversement constitués. Les courbes de retardation obtenues ainsi tiennent, par suite, compte des frottements précédents et aussi de l'effet des parties tournantes (armatures, engrenages, roues). L'importance des frottements a été déterminée séparément par des essais en plate-forme des moteurs, avec et sans engrenages, et celle des parties tournantes a été calculée. On a pu ainsi éliminer ces quantités dans les courbes de retardation et finalement la formule donnée pour r en est indépendante.

Cette formule s'applique à un train formé de motrices et de remorques ou un train à locomotive. Pour le premier on a les valeurs moyennes suivantes :

P =	20,	30,	40,	50,	60 tonnes
s =	9,	10,	11,	12,	12 mètres carrés

Pour le second :

Locomotive	$s = 12^{m^2}$	P = 100 tonnes
Wagons à voyageurs....	$s = 11$	P = 50
» à marchandises.	$s = 9$	P = 40

La formule est donnée comme exacte jusqu'à la vitesse de 60 milles à l'heure, soit en chiffres ronds 100 km : h.

Il faut remarquer que cette formule ne s'applique pas dans les premiers instants du démarrage, le train partant du repos. Là, la résistance est considérablement plus élevée que celle qui serait donnée par la formule. On admet généralement comme valeur moyenne de la résistance au démarrage 9^{kg} par tonne du poids du train et utilise la formule ci-dessus à partir de la vitesse de 2 km : h environ (¹).

Valeur de i. — La résistance i en kg : t est égale à la rampe mesurée en pour 100 multipliée par 10.

Valeur de c. — c varie avec le degré de courbure. Aux États-Unis, on désigne une courbe par la valeur en degrés a de l'angle au centre sous lequel on voit l'arc sous-tendu par une corde de 100 pieds de longueur (²). Si par suite R′ est le rayon correspondant en pieds, on a

$$R' = \frac{\frac{100}{2}}{\sin\frac{a}{2}},$$

ou en mètres (1 pied = $0^m,3048$)

$$R = \frac{15,24}{\sin\frac{a}{2}},$$

ou approximativement

$$R = \frac{15,24}{\frac{a}{2}} \frac{360}{2\pi} = \frac{175}{a}.$$

a dépasse rarement 3° pour les nouvelles lignes à voie normale ; le rayon correspondant est 580^m.

On admet généralement pour c une résistance de $0^{kg},30$ à $0^{kg},40$ par tonne et par degré de courbure.

Il est commode de transformer c et de le remplacer

(¹) Le coefficient $\sqrt{P}$ de la formule vue plus haut pour la résistance au mouvement d'un train avait été proposée dès 1903 par M. Mailloux (conférences par M. Mailloux à l'Université de Lehigh, États-Unis, avril et mai 1903). M. Mailloux proposait aussi de séparer le premier terme a (terme indépendant de la vitesse) de la formule en question, en deux, dont l'un dépendrait uniquement de la fusée d'essieu et varierait suivant l'inverse de la racine carrée du poids du véhicule (ou du train), et dont l'autre dépendrait uniquement de la voie et correspondrait à un frottement de roulement en supposant la voie parfaitement rigide que M. Mailloux assimile à une rampe. Dans la conception de M. Mailloux, le second terme de la formule, terme en bV, représenterait la résistance due à l'influence des joints, à la flexion des rails, aux frottements et à-coups des boudins des roues sur les rails, en un mot aux chocs et déformations de toute nature qui accompagnent le roulement. Le manque de place ne nous permet pas d'exposer en détail les études intéressantes de l'ingénieur américain sur cette question qui s'éloigne d'ailleurs un peu de l'objet que nous avons en vue.

(²) La coutume de définir une courbe comme il est indiqué plus haut vient de ce que lorsqu'on pose une voie on se sert d'une chaîne de 100 pieds de long.

par la *rampe équivalente,* c'est-à-dire par une rampe j en pour 100 offrant la même résistance que l'arc c mesuré par le nombre de degrés a. Soit h la résistance admise par degré de courbure et tonne; on doit avoir

$$10j = ah,$$

d'où la valeur de j.

René Martin.

Schenectady (New-York), 20 août 1909.

Traction électrique à courant continu à intensité constante, par J. BOURDEL. Discussion par LEGOUEZ, PERRET et BOURDEL (*Bulletin de la Société internationale des Électriciens,* avril 1909 p. 233 à 265; mai 1909, p. 321 à 328; juin 1909, p. 397 à 412). — Un certain nombre de distributions d'électricité à postes fixes à intensité constante ont été installée par M. Thury, mais il n'existe jusqu'à présent qu'une seule petite application de la distribution en série à des véhicules automoteurs : le petit tramway de Northfleet, près de Londres.

La figure 1 donne le schéma du dispositif employé

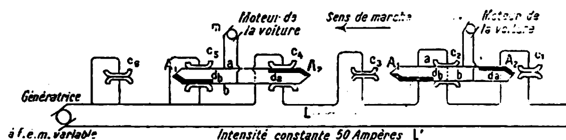


Fig. 1.

pour mettre les moteurs de l'automotrice en circuit pendant la marche. La ligne électrique est constituée par un conducteur de retour L' et par un conducteur actif L placé dans un caniveau et divisé en sections de 6m d'intervalle réunies au repos par des courts-circuiteurs c_1, c_2, c_3, c_4, c_5, c_6 composés chacun de deux lames de bronze à bouts recourbés, pressées l'une contre l'autre par des ressorts à boudin appuyés contre des blocs de faïence. Sous chaque voiture motrice est disposée une barre de contact A_1A_2, de 7m de longueur (supérieure par conséquent à la longueur d'une section), munie de flèches en acier à chaque bout et comportant deux bandes de cuivre, une supérieure a et l'autre inférieure b avec sur chacune d'elles une interruption isolante d_a et d_b. Lorsque la voiture est en marche la flèche avant A_1 de la barre de contact, écartant les lames du court-circuiteur c_2, introduit entre elles le moteur m de la voiture. La barre étant plus longue que l'intervalle des courts-circuiteurs aborde le suivant c_5 avant d'avoir quitté celui en prise c_4; à ce moment la section de ligne L, comprise entre la lame inférieure de c_5 et la lame supérieure de c_4, se trouve mise hors circuit à cause des pièces isolantes d_b et d_a.

Dans cette application la dynamo génératrice G fournit un courant constant de 50 ampères sous une force électromotrice variant de 0 à 400 volts suivant le nombre de voitures en marche sur la ligne, par un déplacement automatique de ses balais. Ce dispositif est délicat comme réglage des positions relatives exactes de la barre de contact et des lames à ressort; de plus, le frottement de cette barre sur les lames de contact doit provoquer une usure importante : l'entretien d'une telle ligne doit donc être important et onéreux, vu le grand nombre de courts-circuiteurs qu'elle comporte (un tous les 6m).

M. Potterat a montré, dès 1903, qu'on pouvait étendre la longueur des sections de ligne électrique et l'écartement entre deux trains successifs et par suite réduire à un petit nombre les courts-circuiteurs c_1, c_2, c_3, c_4 (*fig.* 2), à condition d'employer une ligne de

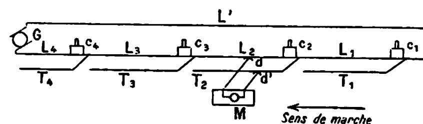


Fig. 2.

travail à deux conducteurs L et T et de maintenir automatiquement ouvert, pendant tout le parcours du véhicule sur une section donnée c_2c_3, le court-circuiteur correspondant c_2 (¹). Mais cette manœuvre des courts-circuiteurs ne peut plus alors être exécutée mécaniquement par le passage du véhicule, mais par des appareils électromagnétiques : on retombe dans des solutions analogues à celles en usage dans les tramways à contacts superficiels. On pourrait actionner les interrupteurs par un courant emprunté à une source auxiliaire, par exemple à une petite batterie d'accumulateurs placée sur le train. Mais on ne serait pas à l'abri de ratés produisant l'arrêt du train en pleine voie.

Afin d'avoir plus de sécurité on préfère, dans le système décrit par l'auteur, actionner les courts-circuiteurs électromagnétiques par le courant de travail lui-même. A cet effet, on ne se sert plus du tout du conducteur principal sectionné L comme fil de travail; on fait usage de deux fils de travail spéciaux sec-

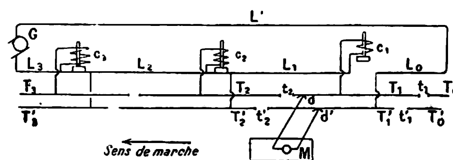


Fig. 3.

tionnés T et T' (*fig.* 3) et reliés aux sections du fil conducteur L par l'intermédiaire d'interrupteurs c disposés de manière à former court-circuit sur les tronçons du conducteur principal L lorsqu'ils ne sont parcourus par aucun courant. Ces interrupteurs (c_1 par exemple) sont parcourus par le courant de travail passant par les moteurs M, ce qui rompt le court-circuit du conducteur L (c_1 se trouve soulevé entre L_0 et L_1) tant que la

(¹) Le courant venant de la génératrice G par le fil principal L' passe par l'interrupteur fermé c_1, la section L_1 du fil principal L (servant en même temps de fil de travail), se rend par la section T_2 du second fil de travail (c_2 étant ouvert) et l'archet d' au moteur M; de là, retourne par l'archet d à la section L_2, puis par c_3 fermé, L_3, c_4 fermé et L_4 à la génératrice G.

voiture est sur la section correspondante $T_1T'_1$ du fil de travail. Lorsque la voiture a quitté cette section et entre dans la section suivante $T_2T'_2$, le courant est rompu dans l'interrupteur c_1, qui s'abaisse, et envoyé dans l'interrupteur suivant c_2 qui alors se soulève; mais, comme il y a un certain temps perdu avant que l'interrupteur c_1 se referme, les points de coupure t et t' (t_2 et t'_2 par exemple) des deux fils de travail T et T' sont chevauchés l'un par rapport à l'autre d'une distance qui peut, sans inconvénient, être aussi grande qu'on veut, de façon que c_1 soit fermé lorsque l'archet d' a dépassé la coupure t'_2 (1).

Ce dispositif n'est applicable que pour une ligne à double voie, dans laquelle la marche a lieu toujours dans le même sens, de droite à gauche sur la figure 3, pour lequel les interrupteurs c_1, c_2 fonctionnent quand ils ne sont pas traversés par le courant, de sorte qu'il n'y a pas à redouter d'étincelles. Si au contraire l'automotrice marchait de gauche à droite, les interrupteurs c_2, c_1 devraient manœuvrer instantanément et simultanément sous charge et donneraient lieu par suite à des étincelles destructives.

On est donc obligé, pour les lignes à simple voie, de recourir à un dispositif spécial permettant la marche du train dans les deux sens. Ce dispositif, représenté sur la figure 4, consiste à munir les interrupteurs c de la figure 3 de deux enroulements g et g' (au lieu d'un) dont l'un g sert à effectuer les courts-circuits sur l'un des fils de travail T et l'autre g' sur le fil de travail T'. Ces enroulements, parcourus par le courant principal, sont reliés chacun à l'un ou l'autre de deux électro-aimants e_a ou e_b, et e'_a ou e'_b, traversés par le courant et agissant en sens inverse suivant qu'on marche dans le sens a ou b, parce que ces électro-aimants sont asservis par un commutateur double KK' contrôlé par la marche du train. Ce commutateur est ramené automatiquement par un ressort dans la position horizontale KK', quand l'automotrice M n'est pas sur la section $T_1T'_1$ (cas représenté sur la figure 4). Le courant I passe

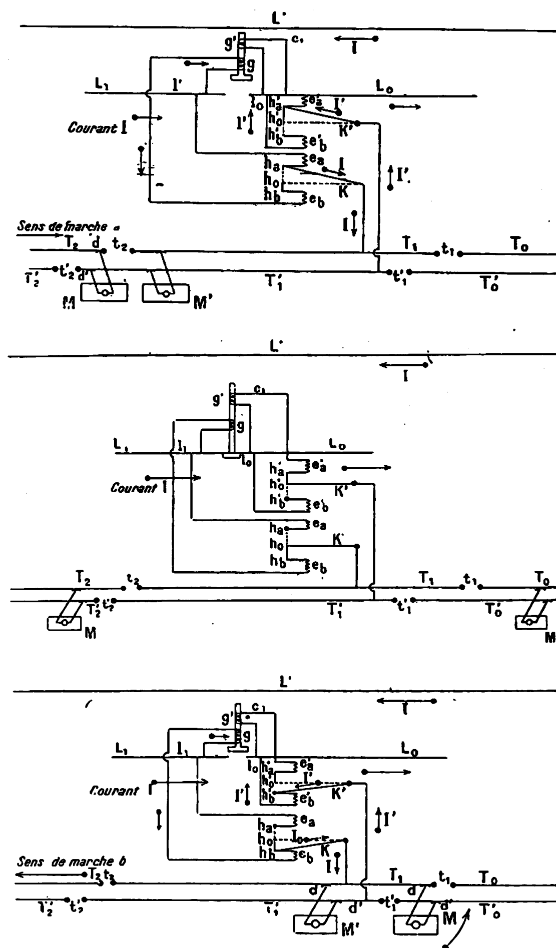


Fig. 4.

alors directement (flèches à boules) de la section L_1 à la section L_0 du conducteur sans traverser aucun des organes (1) de l'interrupteur c_1.

Supposons d'abord que le train marche dans le sens b (*fig.* 4 *bis*); lorsque son archet d atteint la section T_1, sans avoir quitté T_0 (position non représentée sur la figure 4 *bis*), une partie du courant principal I traversant le moteur se rend par l'archet d dans le circuit (flèche I) T_1K, le commutateur K (encore horizontal en Kh_0, position représentée en pointillé sur la figure 4 *bis*), le secteur h_0h_b, l'électro e_b, le solénoïde g et le pont l_1, au

(1) Dans la position représentée sur la figure 3, le courant venant de la génératrice G par le fil conducteur sectionné L passe par le tronçon L_3, le court-circuiteur c_3 fermé, puis L_2, c_2 fermé, le tronçon L_1 à la bobine de l'interrupteur c_1. Celui-ci étant alors soulevé, le courant ne peut passer directement en L_0; il se rend au tronçon T_1 du fil de travail T, traverse par l'archet d le moteur M, revient par l'archet d' à la section T'_1 du fil de travail T' et de là au tronçon L_0 et à la génératrice par le fil conducteur de retour L'. Quand la voiture arrive au-dessous de la coupure t_2, les deux tronçons T_1 et T_2 communiquent pendant un instant, où les deux interrupteurs c_1 et c_2 sont parcourus à la fois par le courant, puis l'archet abandonne T_1, tandis qu'il continue sur T_2. Dès que c_2 reçoit du courant il se soulève et le courant passe alors de L_2 par T_2 pour se rendre au moteur M, mais retourne toujours au conducteur L par T'_1 (sous la coupure t'_2 duquel l'archet d' ne se trouve pas encore) et L_0 parce que le contact de l'interrupteur c_1 reste encore soulevé non seulement pendant le court instant où d est à la fois sous T_1 et sous T_2, mais encore un certain temps après que d a quitté t_2, à cause de la self-induction de c_1 et de l'inertie de son ressort de rappel. Lorsque l'archet d' atteint la section T'_2 sans avoir quitté T'_1, le retour du courant continue à se faire par T'_1 L_0 en même temps qu'il se fait par T'_2 L_1 si le contact de c_1 est abaissé; c'est par cette dernière voie seule $d'T'_2L_1c_1$ (abaissé) L_0 que le retour du courant doit se faire quand, l'archet d' ayant quitté T'_1, la voie T'_1L_0 se trouve coupée.

(1) Le commutateur ferme bien les circuits $l_0g'e'_ah'_a$, le secteur $h'_ah'_a$, K' et T'_1, d'une part, et $l_1ge_bh_b$, le secteur h_bh_0, K et T_1; mais il ne passe pourtant aucun courant dans ces circuits, parce qu'il n'y a aucun courant sur les tronçons de fils de travail T_1 et T'_1.

tronçon L_1 du fil conducteur L. Le solénoïde g se trouvant actionné, l'interrupteur c_1 se lève et coupe la communication entre L_1 et L_0. A ce moment, l'archet d, qui était en communication à la fois entre T_1 et T_0, a quitté T_0. En même temps, l'électro e_b étant actionné, le commutateur KK' s'abaisse. Ceci ne change pourtant rien à la marche du courant I passant par l'interrupteur c_1, grâce au secteur $h_0 h_b$ qui maintient la communication sur le levier K. En même temps, le levier $K'h'_0$ s'abaissant en $K'h_b$, l'électro e'_a et le solénoïde g' se trouvent retirés du circuit $T'_1 K' h'_0 h'_a e'_a g_1 l_0$, dans lequel il n'y avait d'ailleurs aucun courant, puisque l'archet d' n'a pas encore atteint le tronçon T'_1; mais les connexions se trouvent toutes préparées par la communication établie entre le tronçon L_0 et T'_1 par l_0, l'électro e'_b, le levier K' et T'_1 (au lieu de l'être par $l_0 g' e'_a h'_a h'_0 K' T'_1$) pour donner passage au courant de travail suivant les flèches I' quand l'archet d' aura atteint le tronçon T' (position M' de l'automotrice). (L'électro e'_b renforce alors l'action de l'électro e_b.) Il est à remarquer que c'est seulement lorsque l'archet d' aura dépassé la coupure t'_1 que l'interrupteur c_0 (non représenté sur la figure 4 *bis*) correspondant à la section $T_0 T'_0$ revient à sa position de repos et ainsi de suite.

La figure 4 *ter* représente le cas de la marche dans le sens inverse a. Lorsque l'archet d' de l'automotrice M atteint la section T'_1, l'interrupteur c_1 se lève parce que l'électro-aimant g'_g est actionné par une partie du courant de travail I (l'interrupteur c_2, non représenté sur la figure 4 *ter* et correspondant à la section précédente, est encore soulevé et donne encore passage de son côté au courant de travail) se rendant dans le circuit $l_0 g' e'_a h'_a h'_0$, K' horizontal (position représentée en pointillé sur la figure 4 *ter*) et T'_1. En même temps l'électro e'_a, étant actionné, soulève le commutateur KK', ce qui prépare les connexions (circuit $L_1 l_1$, électro e_a, h_a, levier K et tronçon T_1) pour le moment où l'archet d atteint le tronçon T_1 (position M' de l'automotrice). Lorsque cet archet a dépassé la coupure t_2, l'interrupteur c_2 est retombé à sa position de repos.

On voit qu'avec ce dispositif les commutateurs manœuvrent de l'une à l'autre de leurs positions extrêmes, sans qu'il y ait ruptures de courant. On pourra donc les manœuvrer au besoin à la main, dans le cas d'accident, où l'on veut faire sortir d'une section une locomotive entrée dans cette section.

Un dispositif particulier d'interrupteurs à commutateurs doit être prévu pour les voies de croisement et de garage.

La figure 5 donne la vue d'un interrupteur automatique pour double voie, c'est-à-dire sans commutateur.

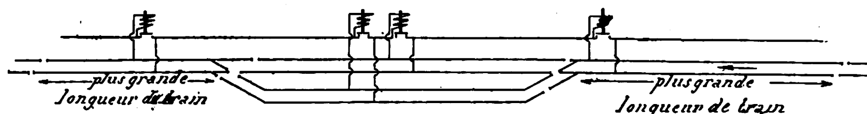


Fig. 5.

Il est fermé au repos par un ressort à boudin; la manœuvre d'ouverture se fait dans l'huile au moyen d'un électro agissant sur une armature en z calée sur l'arbre de l'interrupteur. Celle-ci, qui est généralement placée sur les poteaux de la ligne principale, peut être manœuvrée à la main par des fils de renvois enfermés dans un coffret placé au-dessous de l'appareil proprement dit. L'interrupteur automatique à commutateur, pour simple voie, est de construction analogue, mais un peu plus compliquée.

La ligne aérienne à double fil de travail peut être construite à la manière usitée pour les lignes à traction triphasée (Valteline-Simplon) avec isolateurs prévus pour supporter une tension de 10000 volts entre conducteurs et de 30000 volts avec la terre. Comme il n'y a pas de retour par les rails conducteurs il n'y a pas à prévoir leur éclissage électrique comme dans les systèmes ordinaires.

Les véhicules automoteurs portent deux lignes de deux archets, isolés soigneusement par rapport à la cabine, mise à la terre, de sorte que le mécanicien ne puisse courir aucun danger en cas de défaut d'isolation. Pour la même raison, l'extérieur des câbles et les socles des appareils de manœuvre sont également reliés à la terre. Les moteurs sont par contre entièrement et soigneusement isolés de la terre; pour qu'on ne puisse y accéder en marche, ce qui serait dangereux, la porte du logement qui les renferme est enclenchée avec la manœuvre des archets, de sorte qu'on ne puisse l'ouvrir que quand les archets sont baissés.

Les moteurs pris séparément travaillent avec une faible différence de potentiel; mais ils peuvent se trouver à un potentiel élevé (6500 volts) par rapport à la terre, dont ils doivent par conséquent être soigneusement isolés. Pour réaliser cette isolation exceptionnelle, M. Potterat place les moteurs suspendus au châssis avec leur axe vertical. Celui-ci est relié suivant la disposition représentée sur la figure 6 (qui se rapporte à un moteur prévu pour donner 2500^{kg} d'effort de traction à la jante de roues motrices de $1^{m},30$) par un accouplement isolant et élastique, permettant un jeu vertical de $\pm 60^{mm}$ et un jeu horizontal de $\pm 15^{mm}$ et composé de nombreux bras agissant sur des ressorts, le tout enfermé dans une boîte contenant de l'huile, à un engrenage conique emmanché sur l'essieu. L'auteur rappelle que, sur la ligne du Fayet-Chamonix, la commande des essieux par engrenage conique [1] s'est très bien comportée (mais, dans cette installation, les moteurs ont leur axe horizontal et non vertical). Les moteurs étant verticaux sont placés au-dessus du châssis, dans la caisse du véhicule, où l'on n'est pas gêné pour la place, et peuvent donc être aussi largement dimensionnés qu'on le désire, notamment en vue d'une réaction d'in-

[1] Voir *La Revue électrique*, t. XI, 30 mai, 1909, p. 390.

duit très faible permettant un décalage étendu des balais.

C'est, en effet, en décalant les balais qu'on effectue les réglages de vitesse et le freinage aux arrêts ou sur les pentes; ce freinage se fait en ramenant en arrière les balais et donne lieu à récupération de l'énergie renvoyée sur la ligne; c'est là un des avantages revendiqués par l'auteur, qui cite encore l'excellent rendement, même à demi-charge, du moteur à intensité constante et la simplicité de son appareillage.

Dans un tel moteur, le couple, qui est proportionnel au courant, est constant pour un calage déterminé des balais; la tension aux bornes augmente en même temps que la vitesse. Au moment du démarrage, la tension sera donc presque nulle, et il suffira, pour mettre le moteur en marche, de rompre son court-circuitage en

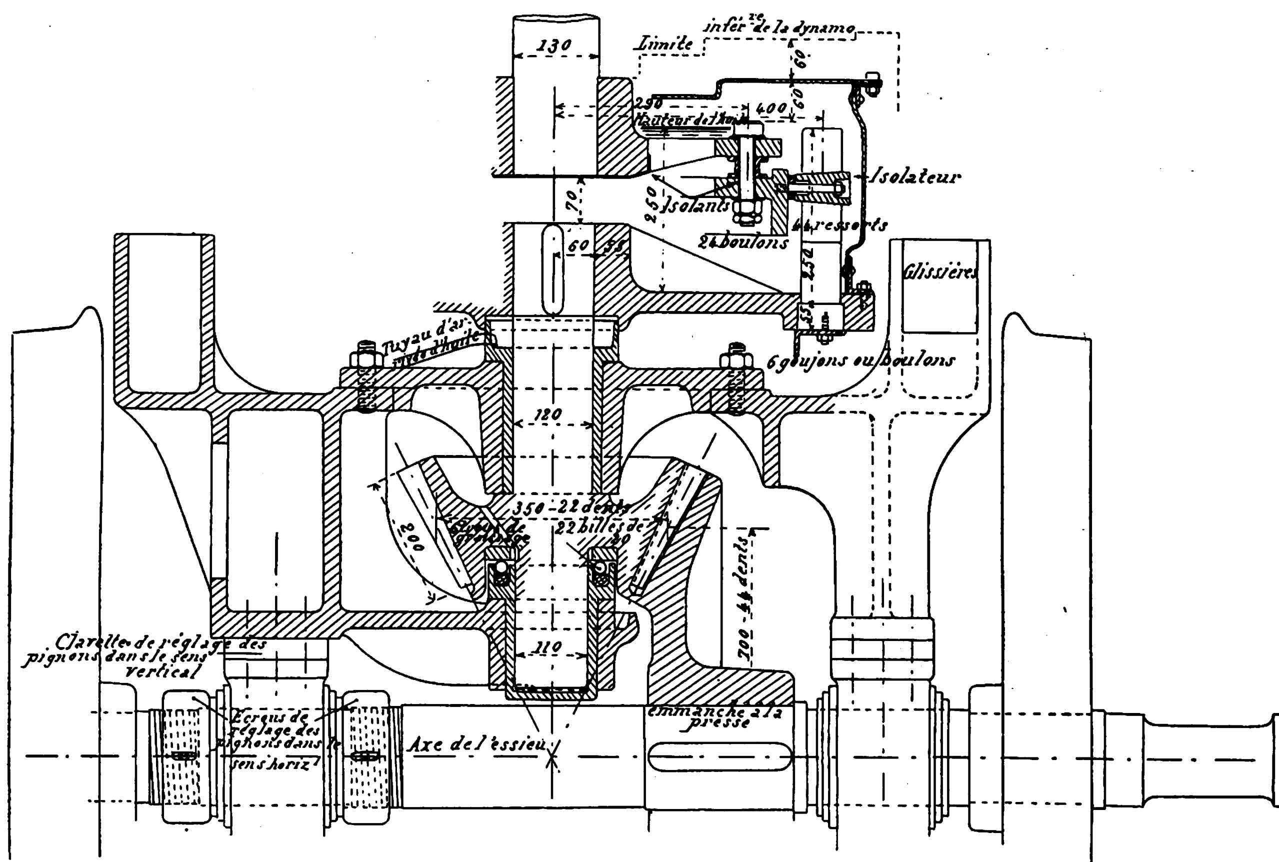


Fig. 6.

ouvrant simplement son interrupteur sans interposition d'aucune résistance; il ne se produira aucun à-coup à l'usine, même dans le cas du démarrage simultané de plusieurs trains.

L'équipement d'une automotrice est ainsi extrêmement simple, puisque les appareils de commande se bornent, pour chaque moteur, à un court-circuiteur à main et à un appareil de décalage des balais. La câblerie comprend uniquement une ligne de mise en série des moteurs en nombre quelconque avec appareil pour court-circuiter l'un d'entre eux en cas de nécessité; il n'est besoin d'aucun fusible. On met seulement, pour chaque moteur, comme organes de sécurité : un court-circuiteur automatique fonctionnant quand les balais passent au zéro afin que, lorsque le moteur est arrêté, le courant ne passe pas par le collecteur qu'il déformerait en échauffant toujours les mêmes lamelles; un déclencheur automatique pour éviter toute surtension accidentelle; un déclencheur automatique fonctionnant en cas d'emballement du moteur provenant d'une rupture de l'accouplement ou de l'engrenage. Si la ligne est surchargée, la différence de potentiel baissera aux bornes de chaque moteur qui ralentira simplement sa marche, pour reprendre sa vitesse normale quand la surcharge aura cessé; tandis que, dans le système à potentiel constant, une surcharge isole l'usine par fonctionnement des fusibles ou des disjoncteurs et arrête tous les trains, et, à la remise du courant, les démarrages simultanés sont pénibles. En hiver, le système à intensité constante a encore l'avantage de faire fondre naturellement, par le passage du courant (en demandant momentanément un excès de potentiel à l'usine,

ce qui est sans inconvénient), la glace ou le givre déposés sur les fils de travail, tandis que, dans le système à potentiel constant, il faut avoir recours à des expédients pour enlever cette couche isolante. Enfin, comme avantage accessoire, le système à intensité constante permet l'établissement de communications téléphoniques sur la ligne sans les précautions spéciales nécessaires avec la traction monophasée.

L'auteur n'envisage pas l'emploi du système à intensité constante sur les longues lignes à fort trafic où il conduirait à des potentiels trop élevés, mais il soutient que ce système est plus avantageux que les autres et notamment que la traction monophasée sur les courtes lignes de montagne, en raison de la récupération importante (avec rendement élevé) qu'il permet de réaliser dans les descentes.

A l'appui de cette opinion, l'auteur expose le projet, dont nous ne donnerons que les points principaux, d'application du système à l'électrification, projetée par la Compagnie du Midi, de la ligne à double voie de Montréjeau à Tarbes, de 52^{km} de long, avec rampe atteignant 33^{mm} par mètre, en prenant pour base l'horaire actuel d'été, avec train de 200^t de charge utile et représentant un trafic de 600^t utiles par jour. Il compare ce projet avec un système monophasé sans récupération. L'usine génératrice doit produire 2030 kilowatts au maximum, y compris 300 kilowatts de perte en ligne; en admettant 150 ampères comme intensité constante du courant, la valeur maxima de la tension est de 13500 volts. La tension maxima à l'usine étant de 13500 volts, la différence de potentiel maxima entre conducteurs et la terre peut donc atteindre 6500 volts, mais la différence de potentiel maxima ne sera que de 2230 volts. L'usine comprend trois génératrices de 750 kilowatts sous 5000 volts maxima (et une quatrième de réserve). Les locomotives, capables de remorquer 200^t utiles sur une rampe de 33 : 1000 à la vitesse de 40 km : h., portent quatre moteurs de 450 chevaux exigeant chacun 2200 volts de différence de potentiel aux bornes en pleine charge, soit 8800 volts entre les fils de travail. Le conducteur principal (aller et retour) est constitué par un câble de 150^{mm^2} de section et de 100^{km} de longueur représentant 135^t de cuivre, ayant 0,117 ohm de résistance par kilomètre et donnant une perte de 1750 volts, à laquelle il faut ajouter, dans le cas de deux trains en marche simultanée sur la ligne, 280 volts de perte sur les sections en prise de la ligne de travail, soit au total 2030 volts de perte et 150 ampères, soit sensiblement les 300 kilowatts indiqués. (C'est une des conséquences du système série que la perte est constante *même à vide*, sur la ligne de distribution.) Cette perte formant la grosse partie (1750 volts) des pertes totales, celles-ci ne varient que de 12 à 15 pour 100 de la puissance totale quand on passe de la pleine charge à la charge à vide; ceci sans tenir compte de la récupération. Par l'intégration des graphiques de consommation et en tenant compte de la récupération, on trouve que la consommation d'énergie est de 12200 kilowatts-heure, la puissance maxima est de 2030 kilowatts (dont 1730 pour le train et 300 pour la ligne), la puissance moyenne est de 655 kilowatts (dont 408 pour le train et 247 pour la ligne, soit 61 pour 100 pour cette dernière). Malgré ce chiffre qui paraît énorme à première vue, l'auteur trouve qu'avec la traction monophasée la puissance moyenne consommée n'est pas inférieure à la précédente, 653 kilowatts (la puissance maxima est de 2115 kilowatts, soit un peu supérieure à celle du système à intensité constante), tout en ne prenant que 12 pour 100 de perte (dont 7 pour 100 sur la ligne et 5 pour 100 dans les transformateurs), à cause de l'absence de récupération que l'auteur suppose (on verra plus loin des observations à ce sujet), et en supposant le rendement des moteurs monophasés égal à celui du moteur continu à intensité constante. L'auteur, ayant dit précédemment que celui-ci avait un rendement moyen nettement supérieur, sous-entend donc que son moteur consommerait en réalité moins que le monophasé. Il laisse encore entendre à demi-mot qu'il serait moins coûteux d'amortissement et d'entretien.

Discussion. — M. Legouez dit qu'il ne critiquera pas la présence des interrupteurs automatiques de section, qui, malgré leur complication, peuvent fonctionner régulièrement comme l'ont fait les systèmes de commande à unités multiples auxquels il les compare au point de vue de la complication des schémas. Cette comparaison nous paraît trop optimiste; les défauts de fonctionnement, prévus dans tous les systèmes à unités multiples (qui donc se produisent quelquefois), n'intéressent que le train, tandis que les ratés des interrupteurs de section Potterat intéresseront toutes les lignes : il est plus juste de les comparer aux ratés des systèmes de tramways à contacts superficiels, incidents qui, malgré leur rareté, ont fait, on le sait, abandonner ces systèmes.

M. Legouez dit que les lignes à double fil seront plus coûteuses que celles à simple fil monophasées. La disposition verticale du moteur lui paraît bien délicate pour des moteurs de 400 ou 500 chevaux.

M. Perret critique l'hypothèse faite par M. Bourdel dans son étude, que le monophasé ne comporte pas de récupération; celle-ci est au contraire possible et prévue dans les locomotives monophasées destinées à la Compagnie du Midi.

Il conteste l'opinion de M. Bourdel sur le rendement des moteurs à intensité constante qu'il estime devoir être inférieur comme chiffre *moyen* de 20 pour 100 à celui du monophasé, à cause de la perte ohmique constante et élevée des premiers aux faibles charges.

Enfin, il fait remarquer que le moteur à répulsion ou à répulsion compensé, qui paraît le plus indiqué pour la traction monophasée, se prête à la variation de vitesse par réglage des balais.

M. Bourdel, dans une réponse insérée dans le *Bulletin* de juin 1909 de la Société, mais non présentée en séance, dit que les moteurs à répulsion ne permettent certainement pas des variations de vitesse aussi étendues que le moteur continu à intensité constante par simple décalage des balais.

Il indique qu'une ligne à deux fils de travail placée sur les mêmes poteaux coûtera 10500^{fr} du kilomètre, soit 40 pour 100 seulement de plus qu'une ligne monophasée

à un seul fil qui coûterait 7450[fr] du kilomètre. Par contre, on réalise des économies dans les usines génératrices et sur les locomotives qui n'ont pas de transformateurs.

Enfin, il s'appuie, par des citations habilement découpées dans ce journal (1), sur les incidents constatés sur le New Haven, pour en conclure que la traction monophasée est loin d'avoir donné de bons résultats jusqu'à présent. Cette déduction nous paraît inexacte, et nous l'aurions fait remarquer à la Société des Électriciens si la réponse de M. Bourdel avait été lue en séance. Les incidents constatés au New Haven proviennent de dispositions défectueuses d'installation de l'usine et de la ligne qui ne touchent en rien à la traction monophasée proprement dite (2). L'existence d'interrupteurs automatiques de sections sur cette ligne, que cite M. Bourdel, n'est pas spéciale non plus au système alternatif monophasé, mais à la tension employée, et aurait d'ailleurs pu être évitée (car il est possible d'établir des lignes de traction à haute tension sans interrupteurs en prenant des précautions convenables en cas de ruptures des fils), tandis que les interrupteurs automatiques de section sont *indispensables* au fonctionnement du système de traction à intensité constante.

CH. JACQUIN.

DIVERS.

Statistique relative aux divers modes de freinage des tramways. — On sait que les modes de freinage employés sur les tramways sont des plus nombreux. Pour ne citer que les principaux, rappelons : le freinage par court-circuit, par contre-courant, par électro-aimant, par courants de Foucault, par solénoïde; le freinage sur rails, le freinage à air comprimé, etc. Dans un article publié dans la *Schweiz. Elektrotechn. Zeits.* des 24 avril et 19 juin, M. SCHOERING, après avoir décrit ces divers systèmes de freinage, donne une statistique concernant un ensemble de réseaux qui comporte 13600 motrices et 8000 remorques.

D'après cette statistique, 50 pour 100 des motrices ont le frein à court-circuit: 16 pour 100 le frein à court-circuit combiné avec le frein Sperry ou à plateau; 15 pour 100 seulement le frein à air comprimé. Pour les remorques 30 pour 100 n'ont que le frein à main; 30 pour 100 le frein à solénoïde; 19 pour 100 le frein Sperry ou à plateau.

(1) J. BLAKSTONE, *La traction électrique monophasée sur une grande ligne du New-York, New-Haven and Hartfort Railroad* (t. XI, 30 avril 1909, p. 304 à 314).

(2) L'explication de ces incidents et les moyens utilisés pour les supprimer ont été indiqués par M. Murray dans un article analysé récemment ici (t. XII, 30 juillet 1909, p. 59).

La résistance à la traction des trains, par A. FRANCK (*Bulletin du Congrès international des Chemins de fer*, mai 1909). — Dans cet article, M. Franck répond à une critique défavorable de la formule qu'il a établie sur la résistance des trains lors de la mise en service des voitures à intercirculation à 8 roues, pesant 30^t, sur les lignes des chemins de fer du Hanovre, et de voitures à 4 roues, pesant 12^t, sur les chemins de fer d'Alsace-Lorraine.

La résistance R, en kilogrammes par tonne de charge, est exprimée par

$$R = 2,5 + 0,0142\left(\frac{V}{100}\right)^2 + \frac{1,08 + 0,3n}{nq}\left(\frac{V}{10}\right)^2,$$

dans laquelle n désigne le nombre des voitures, q le poids de chacune en tonnes et V la vitesse en kilomètres par heure.

Or, M. Carus-Wilson, professeur à Londres, reproche à cette formule que le troisième terme exprimant la résistance atmosphérique ne renferme aucune indication sur la longueur, la largeur et la hauteur des véhicules. Il conteste, en outre, que la résistance atmosphérique varie comme le carré de la vitesse.

L'auteur explique comment il a déterminé par des essais une surface fictive de même résistance atmosphérique que celle du train expérimenté. Il rappelle ensuite comment il a démontré précédemment que la résistance de l'air est proportionnelle au carré de la vitesse.

Locomotive monophasée à transmission par bielles de la General Electric C°. — Cette locomotive, construite en commun par la General Electric C° et l'American Locomotive C°, a été récemment expérimentée sur la voie d'essais de Schenectady.

Elle porte, sur la plate-forme de son châssis, deux moteurs alternatifs de 800 chevaux, qui démarrent comme moteurs à répulsion en court-circuit et fonctionnent normalement comme des moteurs-série. Le châssis est dissymétrique et monté, d'un côté, sur un essieu directeur articulé au premier essieu moteur voisin, sur trois essieux moteurs intermédiaires et, à l'autre bout, sur un bogie porteur; les couples moteurs sont transmis aux roues motrices par des bielles obliques actionnant deux arbres intermédiaires, aux manivelles desquels sont reliées les bielles d'accouplement articulées de ces roues. Le transformateur statique est placé à l'une des extrémités de la locomotive et l'autre est réservée au compresseur d'air alimentant le frein continu.

Les trois paires de roues motrices ont $1^m,245$ de diamètre. Le poids total de la locomotive est de 114^t; son poids adhérent de $73^t,6$. A la vitesse de 29 km : h elle développe un effort de traction de $13\,600^{kg}$; la vitesse maximum est de 80 km : h.

TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE.

RADIOTÉLÉGRAPHIE.

Détecteurs électrolytiques très sensibles fonctionnant sans force électromotrice auxiliaire, par PAUL JÉGOU (Communication faite au Congrès de Lille de l'Association française pour l'avancement des Sciences, août 1909). — Les détecteurs électrolytiques sont généralement constitués par deux électrodes en platine dont l'une, dite *pointe active*, ne présente qu'un point de contact avec l'électrolyte, tandis que l'autre, de forme et de grandeur quelconques, établit un contact intime avec ce même électrolyte. Ces détecteurs, pour déceler les ondes, exigent des récepteurs téléphoniques très sensibles et très résistants et le secours d'une force électromotrice auxiliaire (accumulateurs, potentiomètres).

En employant des détecteurs à électrode inactive constituée en un métal différent du platine et peu ou quasi pas attaqué par l'acide qui compose l'électrolyte, l'auteur a constaté que les récepteurs téléphoniques peuvent être branchés directement aux bornes de ces détecteurs et qu'on peut déceler ainsi, *sans le secours d'une énergie électrique auxiliaire*, l'action des ondes sur ces détecteurs.

Le choix du métal a une grande influence sur la sensibilité de ces détecteurs : c'est le *mercure* qui a donné les résultats les plus inattendus avec un électrolyte à base d'acide sulfurique concentré. Dans cet électrolyte plonge la pointe active semblable aux pointes sensibles des électrolytiques ordinaires. Le mercure forme l'électrode inactive; l'électrolyte est versé sur le mercure qui occupe le fond d'un récipient en verre; une électrode en platine ou ferro-nickel soudée au fond de ce récipient sert à prendre le mercure comme électrode.

Les récepteurs téléphoniques branchés directement aux bornes de ce détecteur rendent un son très clair et très crépitant quand le détecteur subit l'action des ondes conduites au détecteur par l'antenne connectée à une des bornes, tandis que la terre est établie à l'autre borne. La sensibilité de ce détecteur est entièrement *équivalente* à celle du plus sensible des détecteurs *associés* à une *force électromotrice auxiliaire*.

Tous ces détecteurs présentent cependant un inconvénient : c'est qu'ils se fatiguent plus ou moins vite; celui au mercure se fatigue même rapidement. Pour le raviver, il suffit d'intercaler, dans le circuit des téléphones et du détecteur, une pile Leclanché avec son pôle positif en relation avec la pointe sensible. En 15 secondes environ le détecteur est prêt à fonctionner avec toute la sensibilité qui le caractérise.

Au point de vue pratique, si les choses en étaient restées là, ce n'aurait été qu'illusoirement, somme toute, que ces détecteurs se passeraient de force électromotrice auxiliaire.

Un artifice très heureux a fait disparaître entièrement ce grave défaut : il consiste tout simplement à monter constamment deux détecteurs au mercure en parallèle, c'est-à-dire de façon que les électrodes à mercure soient connectées ensemble d'une part et les électrodes actives ensemble d'autre part. C'est aux bornes de l'ensemble du groupe qu'on place les récepteurs téléphoniques.

On constate qu'ainsi toute fatigue disparaît et que la sensibilité reste constante et égale à celle d'un détecteur au mercure pris isolément.

Le phénomène peut vraisemblablement s'interpréter ainsi : les détecteurs subissent une action chimique intérieure lente et par conséquent se comportent chacun comme une pile ravivant le détecteur qui fléchit par un courant de circulation qui s'établit entre un détecteur et l'autre. Ce courant est d'ailleurs de même sens que celui obtenu avec l'élément Leclanché, comme il a été indiqué plus haut.

Le plomb a donné aussi de bons résultats et l'on obtient ainsi de bons détecteurs qui conservent leur sensibilité beaucoup plus longtemps. Le montage en parallèle réussit également bien pour conserver intacte la sensibilité de ces détecteurs avec le temps.

TÉLÉPHONIE.

Essais de récepteurs téléphoniques, par E. KOSACK (*Elektrotechnische Zeitschrift*, 17 juin 1909). — Dans cet article, l'auteur donne le détail des expériences qu'il a faites sur divers récepteurs téléphoniques simplifiés, à la suite des observations de Peukert.

Il a d'abord remarqué qu'un noyau de fer entouré d'un enroulement magnétisant parcouru par un courant constant, et d'un second enroulement traversé par le courant d'un microphone, donnait une reproduction claire des sons émis devant ce microphone.

Il a constaté ensuite que l'effet se produit aussi avec un noyau non excité, mais plus faiblement, l'intensité des sons pouvant toutefois être renforcée en mettant un contact avec une des extrémités du noyau une plaque de fer ou d'un autre métal.

Enfin, il a observé que, même en l'absence du noyau de fer, l'appareil, formé d'une simple bobine, continue à fonctionner comme récepteur; mais il est nécessaire de l'approcher très près de l'oreille. Trente tours de fil de 1^{mm}, enroulés sur un diamètre de 5^{cm} à 10^{cm}, donnent un bon résultat. L'auteur attribue cet effet à l'action électrodynamique des spires les unes sur les autres et peut-être aussi à des actions moléculaires dans le métal.

On obtient un renforcement considérable en mettant une plaque en contact avec la bobine. Cette plaque ne joue d'ailleurs pas le rôle de la membrane d'un téléphone, car on peut employer des plaques relativement épaisses, soit en fer, soit en un autre métal, soit même en bois.

Cet appareil, extrêmement simple, donne des sons très clairs, et peut s'employer avec ou sans l'intermédiaire d'une bobine d'induction.

ÉLECTROCHIMIE ET ÉLECTROMÉTALLURGIE.

AZOTE.

État actuel de la fabrication de la cyanamide, par Robert PITAVAL (*Génie civil*, t. LV, 21 août 1909, p. 305-309). — Dans cet article, l'auteur rappelle le principe de la fabrication de la cyanamide calcique $CaCAz^2$, indique ensuite les perfectionnements apportés récemment à cette fabrication, puis donne la statistique des usines et termine par quelques considérations sur l'avenir de cette industrie.

FABRICATION : *Principe*. — On sait que la fabrication de la cyanamide calcique repose sur la réaction, découverte par Frank et Caro, de l'azote sur le carbure de calcium suivant l'équation chimique



$$CaC^2 + Az^2 = CaCAz^2 + C.$$

Matières premières. — On avait pensé d'abord que n'importe quelle qualité de carbure de calcium pouvait être utilisée pour la fabrication de la cyanamide, notamment les résidus, déchets de fabriques et les carbures chargés en chaux, d'un très bas prix de revient, mais inutilisables pour l'éclairage. Mais l'expérience a démontré qu'une bonne cyanamide marchande ne pouvait être obtenue qu'avec du carbure à 80 pour 100, c'est-à-dire donnant 300 litres d'acétylène par kilogramme; sinon, une partie de ce carbure ne fixe pas l'azote, reste libre dans le produit final et peut être nocif pour les plantes.

Le carbure de calcium doit en outre être réduit en poudre très fine. Pour cela il passe d'abord dans un concasseur à mâchoires, puis dans un moulin à boulets de 2^m de diamètre et enfin dans un tube-mill à silex de 5^m de longueur. De là il se rend automatiquement dans une trémie où il est prêt à être chargé dans les fours à cyanamide.

L'azote nécessaire à la fabrication est fourni soit par le procédé classique de la fixation de l'oxygène de l'air au moyen de la tournure de cuivre, soit par distillation de l'air liquide par le procédé Linde ou le procédé Claude. Dans le premier cas l'oxyde de cuivre est réduit par un courant de gaz de gazogène pour régénérer le métal qui, par suite, sert indéfiniment. Le procédé Linde est employé dans diverses usines, notamment dans l'usine française de N.-D.-de-Briançon, l'usine suisse de Martigny, l'usine norvégienne d'Odda, etc. Une entente intervenue entre la Société de l'Air liquide, de Boulogne-sur-Seine, qui exploite les brevets Claude, et la Linde Gesellschaft, de Wiesbaden, qui exploite les brevets Linde, ne permet plus aujourd'hui d'obtenir une réduction du prix de revient de l'azote en opposant ces deux sociétés l'une à l'autre.

Comme l'installation nécessaire à la production de l'azote constitue la plus grosse dépense d'une usine à cyanamide, des recherches sont faites de divers côtés en vue de trouver des procédés de production plus simples et moins coûteux. On parle notamment d'un procédé qui consisterait à « brûler » l'air en transformant l'oxygène en anhydride carbonique et oxyde de carbone par son passage sur du charbon, comme dans un gazogène : il resterait ensuite à libérer l'azote de ce mélange gazeux.

Matériel et marche des opérations. — Jusqu'à l'année dernière on avait copié pour ces fours la disposition des appareils de distillation dans les usines à gaz : le carbure était placé dans une sorte de cornue munie d'une tubulure par laquelle arrivait l'azote. Cette cornue était fortement chauffée, car la réaction de l'azote sur le carbure ne se fait qu'à la température de 1000° environ.

On a reconnu par la suite qu'il n'était pas nécessaire de chauffer toute la masse de carbure, mais seulement d'amorcer la réaction, qui est exothermique, en un point, pour qu'elle se communiquât de proche en proche à toute la masse. On s'est alors servi de fours cylindriques spéciaux hermétiquement clos, placés verticalement les uns à côté des autres et formés de deux parties, l'une fixe, l'autre mobile. La partie fixe est revêtue à l'intérieur d'une épaisse enveloppe calorifuge. La partie mobile forme le creuset proprement dit. C'est dans ce creuset, muni à sa partie supérieure d'une tuyauterie qui plonge jusqu'au fond et par où arrive l'azote, qu'on verse du carbure finement broyé par charges de 100^{kg} à 150^{kg}. On place dans le four une résistance quelconque (baguette de charbon) qu'on porte au rouge par un courant électrique. A ce moment, on ouvre le robinet d'arrivée de l'azote : la réaction s'amorce, puis se poursuit dans toute la masse; elle est terminée au bout d'une demi-heure. L'opération est conduite de telle façon que la quantité de carbure non attaquée par l'azote ne dépasse pas 1 pour 100, condition considérée aujourd'hui comme indispensable pour avoir une cyanamide marchande et qu'on n'est parvenu à remplir qu'après une série de tâtonnements. L'opération terminée, on retire le creuset et on le laisse refroidir.

La cyanamide sortant des creusets ne peut être utilisée directement comme engrais; elle est en poudre tellement fine, que le moindre vent l'emporte. Pour obvier à cet inconvénient on fait subir à la cyanamide une dernière opération : la granulation ou l'huilage. Pour avoir la cyanamide granulée, on la malaxe, au moyen de rateaux, avec une petite quantité d'eau; il se forme des granules de la grosseur d'un demi-grain de blé. La cyanamide huilée s'obtient en ajoutant à la poudre 4 pour 100 d'huiles de schistes lourdes; elle est granulée comme le produit précédent et possède sur celui-ci l'avantage d'être moins hygrométrique.

Rendement. — Théoriquement la cyanamide cal-

cique devrait contenir 30 pour 100 d'azote. Au début de la fabrication on arrivait seulement à 15 pour 100; aujourd'hui on obtient de 18 à 21 pour 100. Un échantillon analysé par le docteur Erlwein a donné :

Cyanamide calcique pure	57
Chaux	21
Charbon	14
Silice	2,5
Oxyde de fer	1
Carbonate de calcium, soufre, phosphore.	1
	96,5

Le reste, soit 3,5 pour 100, est vraisemblablement formé de carbure de calcium.

Le prix de revient de la tonne de cyanamide peut s'établir sur les données suivantes : dans une usine à carbure d'installation moderne, le prix du carbure ne doit pas dépasser 140^{fr} la tonne; avec les appareils perfectionnés Claude ou Linde, le prix de revient de l'azote ne devrait pas s'élever au-dessus de $0^{fr},10$ le kilogramme. Dès lors le prix de revient de la tonne de cyanamide à 15 pour 100 d'azote serait :

	fr
850^{kg} de carbure à 140^{fr} la tonne	119
200^{kg} d'azote à 100^{fr} la tonne	20
Broyage du carbure	5
Huilage	15
Ensachage et sacs	10
Droit de licence	15
Total	184

Le prix de vente, en France, est actuellement de 230^{fr} pour le produit livré à la culture. Comme le prix de transport est en moyenne de 15^{fr} la tonne, on voit qu'il reste une trentaine de francs par tonne pour l'amortissement, l'intérêt du capital et les bénéfices.

Production de la cyanamide. — *Usines productrices.* — Divers inventeurs ont apporté quelques variantes au procédé indiqué par Frank et Caro; en particulier Polzeniusz, dont le procédé est appliqué depuis 1906 dans l'usine de Westeregeln, près de Magdburg, a préconisé l'addition de 10 pour 100 de chlorure de calcium au carbure; on abaisse ainsi à 700° la température de la réaction, mais on obtient un produit chloré. Les deux groupes qui détenaient, l'un les brevets Frank et Caro, l'autre les brevets Polzeniusz, après avoir soutenu plusieurs procès en Allemagne, ont conclu une entente.

La Società generale per la Cianamide, de Rome, propriétaire des brevets Frank et Caro, a accordé des licences à diverses sociétés et celles-ci, alliées aux usines du groupe Polzeniusz, ont formé deux groupements importants pour la vente de la cyanamide; l'un, la Verkaufsvereinigung für Stickstoffdünger, a son siège à Berlin et étend son rayon d'action sur l'Allemagne, l'Autriche-Hongrie, le Danemark, la Hollande, la Pologne russe, les provinces russes de la Baltique, le Mexique et l'Amérique du Sud; le second a son siège à Paris et son rayon d'action s'étend sur la France, l'Espagne, le Portugal, l'Algérie et les colonies françaises.

Le Tableau suivant donne la capacité de production (qui est plus de 10 fois la production réelle actuelle) des principales usines de cyanamide; les cinq premières sont contrôlées par le groupe allemand, les trois suivantes par le groupe français, les quatre dernières relèvent de la Società generale per la Cianamide.

Sociétés.	Sièges des usines.	Capacité de production annuelle. (t)
Cyanid Gesellschaft.	Trostberg (Bavière).	40000
Deutsche Karbid Akt.-Ges.	Knapsack, près Brühl-a.-R. (Allemagne).	25000
Ges. für Stickstoffdünger.	Westeregeln (Allemagne).	10000
North Western Cyanamide (anglaise).	Odda (Norvège).	30000
Ostdeutsche Kalkstickstoffwerke und Chemische Fabriken.	Mühlthal, près Bromberg (Allemagne).	20000
Società italiana pel Carburo di calcio.	Collestate (Italie).	15000
Société française des Produits azotés.	Notre-Dame-de-Briançon (France).	15000
Société suisse des Produits azotés.	Martigny (Suisse).	15000
Société l'Azote.	Bozel ([1]).	?
Società italiana per la fabbricazione dei Prodotti azotati.	Piano d'Orte.	25000
Società ungheria per i Prodotti azotati.	Sebenico (Dalmatie).	15000
American Cyanamide Co.	Niagara Falls (Canada).	15000
Società piemontese pel Carburio di calcio.	Saint-Marcel (Aoste, Italie).	8000

A ces sociétés il convient d'ajouter la Société des Usines électriques de la Lonza qui doit appliquer le procédé Polzeniusz aux usines de Viège (Suisse).

L'avenir de l'industrie de la cyanamide. — On estime que la production mondiale de la cyanamide en 1908 n'a pas dépassé 10000^t, mais les demandes de l'agriculture vont en augmentant rapidement.

Au point de vue de la dépense d'énergie électrique par kilogramme d'azote fixé, la fabrication de la cyanamide est plus avantageuse que celle de l'azotate de calcium. En effet, avec 1 kilowatt-an on peut produire 2^t de carbure de calcium capables d'absorber au moins 400^{kg} d'azote, tandis qu'avec la même quantité d'énergie on ne fixe pas plus de 111^{kg} d'azote dans la fabrication de l'azotate de calcium. Comme la consommation d'énergie a une grande importance dans le prix de revient du kilogramme d'azote fixé, il en résulte un avantage pour le mode de fixation par la cyanamide dans les pays où l'énergie électrique ne peut être obtenue à aussi bon compte qu'en Norvège. Cet avantage est même assez considérable pour que des fabriques de carbure et de cyanamide, comme celle de Mühlthal par exemple, n'aient pas hésité à produire leur énergie électrique par la vapeur.

D'après le chiffre de 184^{fr} la tonne de cyanamide donné plus haut, le prix de revient du kilogramme d'azote est de $1^{fr},21$, à peu près égal à celui de la même unité dans le nitrate qui est d'environ $1^{fr},25$.

Les cours officiels de vente de la cyanamide sont actuellement de 23fr les 100kg, franco toutes gares, et ceux du nitrate de chaux de Norvège de 21fr,50, fût perdu, sur wagon, à Rouen-maritime.

De la comparaison de ces prix, M. Pitaval conclut que « la fabrication de la cyanamide est une industrie parfaitement viable et devant même prospérer en raison des besoins de plus en plus grands d'engrais de toute sorte nécessaires pour augmenter le rendement des terres cultivées ».

D'ailleurs, la cyanamide peut servir à la fabrication de la dicyanamide qui renferme 60 à 70 d'azote et constituerait par suite un engrais plus riche. D'autre part, sous l'action de la vapeur d'eau surchauffée, la cyanamide donne de l'ammoniaque qu'on peut transformer en sulfate d'ammoniaque. Des recherches sont faites, en Italie surtout, pour rendre ces transformations possibles industriellement; si l'on y réussit avec un très minime accroissement du prix de revient, la cyanamide pourrait donc servir non seulement directement comme engrais, mais encore à la fabrication de deux autres engrais, présentant l'avantage, l'un d'avoir une très haute teneur en azote, l'autre d'être apprécié des agriculteurs depuis longtemps.

FER.

Sur le traitement des minerais de fer au four Stassano. — On sait que le capitaine italien Stassano, un des pionniers de l'électrosidérurgie, s'est principalement occupé du traitement direct des minerais de fer au four électrique. En raison des difficultés que présentait le traitement direct, on préféra jusqu'ici utiliser le four électrique à la fabrication d'aciers fins, en partant de la fonte obtenue au haut fourneau; le four électrique devenait ainsi un auxiliaire du haut fourneau, mais ne le remplaçait pas. Or, depuis quelque temps, on en revient à l'idée d'effectuer la réduction des minerais de fer dans le four électrique lui-même. Mais alors une question se pose: Convient-il, en partant de ces minerais, de fabriquer de la fonte ou de l'acier? En d'autres termes, doit-on se borner à substituer un four électrique au haut fourneau ordinaire, ou doit-on profiter des qualités du four électrique pour arriver du premier coup à l'obtention de l'acier?

Dans une lettre adressée au *Journal du four électrique* et publiée dans le numéro du 1er septembre de ce périodique, M. Stassano exprime catégoriquement l'opinion qu'il convient de fabriquer de l'acier. Tout d'abord, il fait observer que la possibilité de cette fabrication est démontrée depuis près de 10 ans et il cite comme preuves les résultats qu'il obtint dans ses premiers essais. Le Rapport d'une commission nommée pour examiner son procédé conclut, en effet, d'expériences faites devant elle, les 25 et 26 novembre 1900, avec un four de 120 kilowatts et un autre de 400 kilowatts, que « le procédé Stassano de réduction des minerais de fer pour la production directe de fer, d'acier et d'alliage est pratique et industriel ». Un peu plus tard, le Dr Hans Goldschmidt, envoyé expressément en qualité d'expert par le Patentamt de Berlin, écrivait « qu'il était possible d'obtenir directement du minerai, et, par une seule opération, du fer doux et de l'acier comparables aux meilleurs fers de Suède au charbon de bois ».

M. Stassano fait ensuite remarquer qu'il est plus logique de fabriquer du fer et de l'acier que de la fonte. C'est, en effet, le fer et l'acier qu'on a toujours cherché à obtenir en sidérurgie. Ce ne fut qu'au XVIe siècle que, pour accroître la production et réduire quelque peu la dépense de combustible et le déchet de minerai, on arriva à ce produit intermédiaire, la fonte. Mais, bien que cette méthode indirecte de production du fer ait été toujours en progression, tandis que la méthode directe ait disparu, pour ainsi dire, bien des techniciens cherchèrent à remettre en vigueur cette dernière en la perfectionnant de manière à permettre les grosses productions qu'on obtient par la méthode indirecte. Leurs efforts ne réussirent pas; mais, puisque le four électrique donne la solution qu'ils ont vainement cherchée, il serait illogique de la rejeter pour continuer l'application de la méthode indirecte. . . . . . .

M. Stassano ajoute que des essais actuellement en cours démontrent que non seulement la production directe du fer au four électrique est possible, mais encore qu'il n'est pas nécessaire de partir de minerais purs et de charbon de bois, les minerais communs et les charbons de mauvaise qualité pouvant également être utilisés.

La fabrication de l'acier au four électrique, par RODENHAUSER (*Engineering*, t. LXXXVIII, 21 mai 1909). — Dans cette étude critique, l'auteur n'envisage que les fours Stassano, Heroult et Girod, dans le groupe des fours à arc, et les fours Kjellin, Frick et Röchling-Rodenhauser, dans celui des fours à induction.

Dans tous les fours à arc, il est nécessaire de refroidir le charbon rhéophore à son entrée dans le four pour éviter son oxydation. De plus, le charbon s'égrène contre la maçonnerie, ce qui produit des pertes de courant. La grande surface de la voûte occasionne des pertes importantes par rayonnement, et le refroidissement par l'eau également.

Comparant les pertes d'énergie dans les différentes parties du four Girod, qui est à la fois un four à arc et un four à résistance, l'auteur trouve que la perte dans l'électrode est beaucoup trop grande comparée à l'énergie consommée dans le bain. Pour un four de 300 kilowatts, la perte dans l'électrode est de 30 kilowatts, soit 10 pour 100 de l'énergie.

En résumé, les fours à arcs avec passage du courant dans le bain chauffent presque exclusivement par l'arc en un point. Le refroidissement de l'électrode provoque une grande perte.

Dans les fours à induction, au contraire, la chaleur est produite par le passage d'un courant induit dans la masse de métal traitée.

L'auteur termine par la description du four Röchling-Rodenhauser, dont il montre les avantages.

MESURES ET ESSAIS.

PHOTOMÉTRIE.

Sur les unités photométriques internationales. — Le Comité électrotechnique allemand, dont le président est M. Bude et le secrétaire M. Dettmar, vient d'adresser à la Commission électrotechnique internationale la lettre suivante :

« Par lettre en date de la mi-avril, nous vous avons déjà fait connaître que le Comité allemand ne se croit pas autorisé à prendre, au sujet de l'unité de lumière, une décision avant d'avoir entendu les intéressés tant au point de vue scientifique qu'au point de vue technique.

» Une conférence avec ces intéressés a eu lieu le 23 avril et le 15 mai; le Comité s'est réuni à ce sujet, et nous vous communiquons les principales décisions prises.

» Il a été reconnu à l'unanimité qu'il serait désirable de fixer une unité lumineuse internationale, et, si un étalon suffisant pour les besoins de la pratique était établi, les physiciens et les électrotechniciens allemands l'accepteraient. Mais il faudrait pour cela que l'unité ne fût définie que d'une seule manière et qu'on puisse à toute occasion la reproduire avec une précision suffisante. Ces conditions ne sont pas remplies par la proposition du Comité anglais. En premier lieu, d'après le Rapport, plusieurs définitions sont données, et en second lieu nous croyons qu'aucune n'est suffisante pour la reproduction de l'étalon, car le pentane est, comme on le sait, une substance chimique mal définie, et, d'après de nouvelles communications de M. Janet, la définition primitive de la bougie au pentane a été modifiée afin d'obtenir qu'elle concorde avec les unités françaises et anglaises; on n'a donné jusqu'ici aucune description pour l'étalon de cette bougie-pentane modifiée.

» La lampe Hefner répond mieux à la condition de reproduction, mais nous ne cachons pas que celle-ci a également ses défauts pratiques, en particulier vis-à-vis des nouvelles lampes intenses et donnant une lumière blanche; elle est trop rouge et trop petite pour permettre des comparaisons commodes et sûres.

» L'opinion dominante en Allemagne est que l'unité internationale de lumière de l'avenir ne devrait être fixée qu'après un travail commun des laboratoires d'État de tous les pays considérés. On pense aussi que sa fixation est possible avant longtemps et l'on considère qu'il serait fâcheux d'empêcher l'adoption d'une unité internationale définitive en adoptant aujourd'hui déjà une unité moins bien définie. Les électrotechniciens allemands ont donc l'intention d'agir auprès des autorités allemandes, afin qu'elles provoquent un travail d'ensemble de tous les laboratoires officiels.

» Il sera alors possible de faire un pas de plus dans l'unification. L'unification internationale est tout à fait incomplète aussi longtemps qu'elle se contente de définir l'unité de lumière dans les différents pays : s'il y a partout la même bougie, il restera quand même des différences; on comptera dans certains pays en bougies-mètres, dans d'autres en bougies-pieds, dans d'autres en bougies-yards, etc. Pour unifier véritablement les mesures photométriques, il faudrait que, outre l'unité de lumière, on adoptât une même unité internationale de longueur.

» Provisoirement, jusqu'à ce que des bases réelles pour une entente internationale soient données, nous adoptons les chiffres suivants pour les comparaisons :

» 1 bougie pentane = 1 american candle = 1 bougie décimale moderne, et chacune de ces unités est égale à 1,11 bougie Hefner. »

DIVERS.

Galvanomètre pour courants alternatifs, par GUINCHANT (*Comptes rendus*, t. CXLVIII, 21 juin 1909, p. 1674). — Ce galvanomètre se compose d'une lamelle de fer suspendue par un fil de cocon et disposée au centre de deux bobines fixes à axes rectangulaires. L'une des bobines (à gros fil) est parcourue par un courant alternatif et est orientée perpendiculairement au méridien magnétique et par conséquent perpendiculairement à la lamelle de fer dirigée par le champ terrestre; ce champ est d'ailleurs presque annulé par un aimant extérieur, en sorte que le champ alternatif intervient à peu près seul comme champ directeur. Dans la seconde bobine (à fil fin) passe un courant alternatif de même période que le premier et qui donne un champ perpendiculaire faisant dévier la lamelle. Le sens de cette déviation change suivant que le déphasage des deux courants est inférieur ou supérieur à π.

Dans le galvanomètre employé par M. Guinchant, les bobines ont comme résistances 5,05 et 165 ohms; un courant de 0,03 ampère dans la bobine à gros fil donne une déviation de 1^{mm}, sur une échelle placée à 1^{m}, pour une différence de potentiel de 10^{-5} volt environ aux bornes de la bobine à fil fin. Cette sensibilité est de l'ordre de la sensibilité des téléphones aux courants alternatifs.

C'est d'ailleurs pour remplacer le téléphone employé dans la méthode de Kohlrausch pour la mesure des résistances des électrolytes que M. Guinchant a imaginé ce galvanomètre. Dans cette méthode, en effet, une inductance ou une capacité insuffisante pour produire une différence sensible entre la résistance apparente et la résistance ohmique déterminent un son parasite qui enlève toute précision aux mesures. Avec ce galvanomètre, dont la sensibilité peut être, sans aucun inconvénient, poussée beaucoup plus loin que celle du téléphone ordinairement employé, la valeur trouvée pour la résistance mesure, rigoureusement parlant, la résistance apparente et non la résistance ohmique. Comme l'appa-

reil fonctionne également avec le courant continu, il permet de comparer très rapidement les deux mesures.

Dispositif stroboscopique pour la mesure du glissement, par GISBERT KAPP (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXX, 6 mai 1909, p. 418). — Dans la disposition ordinaire, le disque stroboscopique porte autant de secteurs blancs que le moteur a de pôles et le glissement est mesuré par le nombre de tours effectués par les secteurs, si ces derniers sont éclairés par une lampe à arc branchée sur les conducteurs d'alimentation du moteur asynchrone. Dans le cas d'application de cette méthode à la mesure du glissement d'un moteur multipolaire, et spécialement si ce glissement est grand, il devient difficile de déterminer exactement le nombre de passages des secteurs, et plusieurs dispositifs ont été proposés pour augmenter l'exactitude et la commodité de la méthode.

Tous ces dispositifs exigent des installations spéciales, et l'auteur s'est efforcé de réaliser une disposition qui permette de supprimer tous les accessoires autres que le disque stroboscopique et la lampe à arc, et qui, malgré cette simplicité relative, permette de mesurer exactement le glissement du moteur.

Le principe de cette nouvelle méthode repose sur l'emploi d'un écran masquant le disque presque complètement, sauf en un point près de la périphérie.

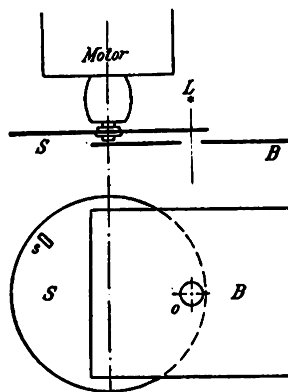


Fig. 1.

Dans la figure 1, B est l'écran, S le disque et L la lampe; le disque et l'écran sont peints en noir mat, l'écran porte en son milieu une ouverture circulaire garnie de papier transparent, et le disque porte une ouverture rectangulaire s qui passe une fois par tour devant l'ouverture o de l'écran et, par suite, laisse passer à cet instant la lumière de la lampe L, qui vient tomber sur la surface du papier transparent en o, laquelle s'éclaire périodiquement pendant un temps assez long pour permettre la lecture exactement, même pour de fort glissements.

Appelons a le nombre de périodes d'éclairement de l'ouverture o, compté pendant le temps t; le glissement en pour 100 de la fréquence primaire f est donné par la relation

$$g = \frac{100}{f_1} p \frac{a}{t},$$

dans laquelle p représente le nombre de paires de pôles du moteur.

Le raisonnement suivant conduit à l'établissement de cette formule : considérons l'instant où la lampe éclaire, l'ouverture s étant en regard de l'ouverture o; après p périodes, l'ouverture s est de nouveau dans le voisinage de l'ouverture, non plus exactement comme tout à l'heure, mais décalée d'un angle

$$\alpha = 2\pi \frac{f}{f_1} = p\mathrm{T}\omega,$$

expression dans laquelle f est la fréquence des courants du rotor, f_1 celle du stator et T le temps périodique. La vitesse angulaire mécanique avec laquelle la fente s paraît tourner en sens contraire est désignée par ω; désignons par τ le temps qui est nécessaire pour que l'ouverture s se retrouve devant l'ouverture o au moment où la lampe éclaire; l'intervalle entre deux éclairements est alors égal à τ et nous avons les relations ci-dessous :

$$2\pi = \tau\omega \quad \text{ou} \quad 2\pi = \frac{t}{a}\omega;$$

il vient donc

$$\frac{f}{f_1} = p\mathrm{T}\frac{t}{a},$$

et, comme

$$\mathrm{T}f_1 = 1 \quad \text{et} \quad 100\frac{f}{f_1} = g,$$

on arrive à la valeur du glissement

$$g = \frac{100}{f_1} p \frac{a}{t}.$$

Comme il est possible de compter jusqu'à 180 éclairements par minute, le glissement d'un moteur bipolaire à 50 périodes peut être mesuré s'il ne dépasse pas 6 pour 100. Pour des moteurs multipolaires, il est possible de mesurer des glissements encore plus considérables.

L'auteur a essayé de remplacer l'arc par une lampe à incandescence, mais sans succès; l'inertie calorifique est trop grande, même en se servant d'une lampe à filament métallique. E. B.

L'ergomètre d'inertie de Joseph Doyen et les méthodes dynamométriques qui en résultent, par HUBERTI et DOYEN (*Bulletin du Congrès des Chemins de fer*, janvier 1909). — L'appareil qui fait l'objet de cet article est particulièrement destiné à la mesure des diverses quantités qui interviennent dans l'étude du mouvement d'un train. Il a été réalisé en combinant les propriétés de la roulette intégrante d'Abdank-Abakanowicz avec celle du pendule d'inertie de Desdouets et est destiné à mesurer le travail des forces d'inertie.

Dans leur article les auteurs montrent d'abord les rôles de la roulette intégrante d'Abdank-Abakanowicz, qui est un des organes essentiels de l'ergomètre, puis le rôle du pendule d'inertie. Ensuite ils établissent les formules qui permettent de démontrer la conclusion fondamentale suivante : quelle que soit la loi de variation de la résultante des efforts moteurs et résistants, le travail de cette résultante, motrice ou résistante, pendant que le train parcourt un certain espace, est mesuré par le déplacement de la roulette de l'ergomètre.

Enfin, les auteurs indiquent comment, au moyen des indications de l'appareil, on peut déterminer : 1° la résistance au roulement d'un train complet, locomotive et tender compris; 2° le travail total moteur; 3° la résistance au roulement du matériel roulant; 4° la mesure de l'effet utile des freins.

Voiture d'essais des tramways de Vienne pour la vérification de la résistance des joints de rails. — Bien qu'on ait imaginé des appareils portatifs très commodes pour la mesure de la résistance électrique des joints de rails, il est rare cependant qu'on fasse cette vérification des joints d'une manière méthodique et à intervalles réguliers. C'est qu'en effet, effectuées sur un réseau un peu important, ces mesures exigent un temps considérable; de plus, sur les lignes à trafic intense, elles ne peuvent être effectuées que la nuit, ce qui force à maintenir le courant sur les lignes après l'arrêt du service et occasionne dès lors une dépense non négligeable.

Les tramways municipaux de Vienne ont récemment fait construire une voiture, spécialement aménagée pour les mesures de ce genre, qui permet de vérifier une longueur de 2^{km} à 3^{km} de voie par heure. Cette voiture renferme un groupe moteur-dynamo, dont le moteur est alimenté par une prise de courant ordinaire frottant sur la ligne aérienne et dont la dynamo peut débiter jusqu'à 300 ampères sous une tension de 5 volts environ. La dynamo est reliée par frotteurs et bagues aux bandages des roues, lesquels sont soigneusement isolés du reste de ces roues; un commutateur permet de lancer le courant soit dans les bandages des roues de droite, soit dans ceux des roues de gauche de la voiture; un ampèremètre intercalé dans le circuit fait connaître l'intensité du courant débité. Entre les essieux et de chaque côté de la voiture se trouvent deux contacts à écartement invariable qui s'appuient sur les tables de roulement des deux files de rails.

Pour effectuer une vérification on fait débiter à la dynamo un courant de 200 ampères environ dans le tronçon de rail de 2^{m} environ de longueur compris entre les deux points de tangence des bandages, tronçon qui tantôt comprend un joint, tantôt n'en comprend pas, suivant la position de la voiture. Quand la voiture se déplace, on voit l'ampèremètre et le voltmètre varier suivant la résistance du tronçon de rail; on relève simultanément les indications des deux instruments et l'on en fait le quotient. Généralement les indications varient peu. Si au passage d'un joint on observe une brusque chute du débit, ou que ce joint a une résistance excessive, on arrête alors la voiture et l'on procède à une mesure exacte en vue des réparations. On opère généralement la nuit pour ne pas obstruer les lignes.

Construction et mesure des très grandes résistances, par H.-L. BRONSON. (*Electrician,* 2 avril 1909). — Dans cet article, l'auteur décrit une méthode de mesure des faibles courants (10^{-15} ampère) auxquels on a affaire, par exemple, dans les phénomènes de radioactivité.

C'est une méthode à déviation constante. Une des paires de quadrants d'un électromètre est reliée à la terre; l'autre est connectée, et à la résistance à mesurer, et à la terre, par l'intermédiaire d'une grande résistance. La source d'électricité qui agit sur la résistance à mesurer a son autre pôle à la terre. Dans ces conditions, le courant charge les quadrants jusqu'à ce que le courant de décharge par la grande résistance égale celui dans la résistance à mesurer. Ce courant est proportionnel au potentiel des quadrants et, par suite, à la déviation de l'aiguille.

En intercalant un potentiomètre entre la grande résistance et la terre, on peut faire des mesures entre des limites très éloignées.

L'auteur a notamment appliqué cette méthode à la mesure des courants d'ionisation, et, par suite, de résistances de l'ordre de 100000 mégohms. La résistance de comparaison doit être du même ordre. Les résistances ordinaires (trait de crayon sur une plaque d'ébonite ou de verre dépoli, alcool amylique ou xylol dans un tube capillaire) sont incertaines.

L'auteur a employé comme résistance un gaz ionisé, enfermé dans un vase d'ébonite avec électrodes d'aluminium, la matière active consistant en $0^{mg},1$ de bromure de radium. L'usage de ces résistances nécessite diverses précautions que l'auteur décrit dans son Mémoire.

VARIÉTÉS. — INFORMATIONS.

LÉGISLATION, RÉGLEMENTATION.

Circulaire relative à la communication au service des Télégraphes de l'avant-projet des distributions à établir par permission de voirie.

LE MINISTRE A MONSIEUR LE PRÉFET DU DÉPARTEMENT DE....

M. le Sous-Secrétaire d'État des Postes et des Télégraphes a appelé mon attention sur les difficultés dont a été cause pour son administration la non-intervention du service des Télégraphes dans les premières enquêtes relatives aux avant-projets d'établissement des distributions d'énergie électrique.

En ce qui concerne l'installation des tramways et des chemins de fer d'intérêt local à traction électrique, la circulaire série B, n° 7, du 28 février 1907, a déjà prescrit aux ingénieurs en chef du contrôle de conférer avec les fonctionnaires des Postes et des Télégraphes au cours de l'instruction locale qui doit précéder la déclaration d'utilité publique.

Pour les distributions d'énergie électrique ayant pour objet la vente du courant, en vue de l'éclairage ou de tous autres usages, à établir en vertu d'une concession, avec ou sans déclaration d'utilité publique, les articles 22 à 29 du décret du 3 avril 1908 stipulent expressément l'appel en conférence des services intéressés.

Ces prescriptions ne devront pas être perdues de vue. En ce qui regarde les distributions à établir en vertu de permissions de voirie, les dispositions du décret du 3 avril 1908 ont pu paraître moins précises aux ingénieurs en chef du contrôle et donner lieu, de leur part, à des hésitations au sujet de l'opportunité de la consultation du service des Télégraphes au moment de l'instruction des demandes. En présence des dispositions des articles 6 et 7 dudit décret, qui prévoit l'accord des services intéressés, ils ont pu se croire fondés à recourir à cette consultation seulement lorsque les lignes télégraphiques ou téléphoniques pouvaient être influencées.

Même, dans certaines circonstances, notamment quand les lignes télégraphiques ou téléphoniques sont entièrement souterraines, ils ont pu ignorer que le service des télégraphes fût intéressé, et, par suite, omettre de le consulter.

Dans cette situation, afin d'assurer dès le début l'instruction des demandes aussi complète que possible, et pour faire disparaître toute occasion des difficultés qui m'ont été signalées, j'invite les ingénieurs en chef du contrôle des distributions d'énergie à donner, dans tous les cas, connaissance aux ingénieurs des Télégraphes des avant-projets dont ils seront saisis, quel que soit le régime auquel doivent être soumises les distributions à établir, concession ou permission de voirie.

Il ne faut pas que la communication de ces avant-projets ait pour conséquence d'allonger les délais d'examen des affaires; il sera donc nécessaire que les ingénieurs des Télégraphes, s'ils considèrent leur service comme intéressé, demandent sans aucun retard à être convoqués aux conférences visées par les articles 22 et 26 du décret du 3 avril 1908 dans les cas de concession, ou qu'ils formulent d'urgence leurs observations dans les cas de permission de voirie.

Ces observations porteront, d'ailleurs, exclusivement sur l'occupation du domaine public et sur les dispositions en résultant qui pourraient être nuisibles au fonctionnement des communications télégraphiques et téléphoniques, tous les autres points devant être réservés pour la conférence prévue par l'article 14 de la loi du 15 juin 1906, et par l'article 33 du décret du 3 avril 1908, dans laquelle sont examinés les projets définitifs et où sont toujours convoqués les représentants de l'Administration des Postes et Télégraphes.

Je vous prie de m'accuser réception de cette circulaire, dont j'adresse ampliation aux ingénieurs en chef.

Paris, le 27 mai 1909.

Louis BARTHOU.

Arrêté du Ministre des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes portant organisation de la Commission des distributions d'énergie électrique.

Le Ministre des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes,

Vu l'arrêté du 9 avril 1908, instituant au Ministère des Travaux publics une Commission des distributions d'énergie électrique;

Vu les arrêtés des 30 janvier et 16 avril 1909, fixant la composition de la Commission des distributions d'énergie électrique pour les années 1909 et 1910;

Vu la décision du 30 janvier 1909, autorisant le secrétaire du Comité de l'exploitation technique des chemins de fer à assister, en qualité d'auditeur, aux séances de la Commission des distributions d'énergie électrique;

Sur la proposition du directeur du personnel et de la comptabilité,

Arrête :

ARTICLE PREMIER. — La Commission des distributions d'énergie électrique comprend des membres de droit et des membres nommés, par arrêté ministériel, pour deux ans; les membres sortants peuvent être renommés.

ART. 2. — Sont membres de droit :

Le directeur des routes, de la navigation et des mines;

Le directeur des chemins de fer;

Le directeur du personnel et de la comptabilité au Ministère des Travaux publics, ou leurs délégués;

Les représentants du Ministère des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes au Comité permanent d'électricité;

Le directeur de l'administration départementale et communale au Ministère de l'Intérieur.

Le secrétaire du Comité de l'exploitation technique des chemins de fer assiste, en qualité d'auditeur, aux séances de la Commission.

ART. 3. — Les membres nommés par arrêté comprennent : 7 inspecteurs généraux des Ponts et Chaussées ou des Mines;

4 ingénieurs en chef des Ponts et Chaussées ou des Mines;

1 représentant du Ministère du Travail et de la Prévoyance sociale;

4 représentants de l'industrie électrique.

ART. 4. — La Commission est présidée par un inspecteur général de 1re classe des Ponts et Chaussées, désigné, chaque année, par le Ministre.

ART. 5. — A la Commission sont attachés :

1 ingénieur en chef des Ponts et Chaussées ou des Mines, secrétaire, avec voix délibérative.

5 ingénieurs en chef ou ordinaires des Ponts et Chaussées ou des Mines, secrétaires adjoints rapporteurs, avec voix délibérative dans les affaires qu'ils ont exposées.

ART. 6. — La Commission donne son avis sur les affaires au sujet desquelles elle est consultée par le Ministre et, notamment, sur les questions suivantes :

Contrôle technique, construction et exploitation des distributions, examen des projets au point de vue électrique, surveillance du contrôle organisé par les municipalités, statistiques, accidents.

ART. 7. — Toutes les affaires autres que les affaires administratives de la compétence du Conseil général des Ponts et Chaussées sont transmises au secrétaire qui distribue aux secrétaires adjoints rapporteurs les dossiers dont il ne se réserve pas l'étude.

L'exposé est fait par le secrétaire ou par les secrétaires adjoints rapporteurs, dont le résumé et les conclusions sont formulés par écrit et distribués, avant chaque séance, aux membres de la Commission.

ART. 8. — Aucune modification n'est apportée aux arrêtés susvisés désignant les membres de la Commission pour les années 1909 et 1910, sauf en ce qui concerne les membres de droit désignés à l'article 2 ci-dessus.

Paris, le 25 août 1909.

A. MILLERAND.

(*Journal officiel* du 27 août 1909.)

Arrêtés du Ministère des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes organisant le contrôle des distributions d'énergie électrique, dans plusieurs départements.

Par arrêté du 21 août 1909, l'arrêté du 22 mai 1908 organisant le contrôle des distributions d'énergie électrique dans le département de l'Allier a été modifié ainsi qu'il suit, en ce qui concerne le service du contrôle de l'exploitation technique, savoir :

Ingénieur.

M. **Mingels**, sous-inspecteur faisant fonctions d'ingénieur subdivisionnaire des postes et des télégraphes à Clermont-Ferrand.

Agents du contrôle.

M. **Auclair**, conducteur des Ponts et Chaussées à Souvigny.

M. **Chaunier**, conducteur des Ponts et Chaussées à Chantelle.

M. **Girardot**, conducteur des Ponts et Chaussées à Marcillat.

M. **Laurent**, conducteur des Ponts et Chaussées à Moulins.

Ces dispositions auront leur effet à dater du 1er septembre 1909.

(*Journal officiel* du 24 août 1909.)

Par arrêté du 28 août 1909, M. Mercier (Joseph), conducteur des Ponts et Chaussées à Nîmes, a été attaché, à dater du 1er septembre 1909, au service du contrôle de l'exploitation technique des distributions d'énergie électrique dans le département du Gard, pour exercer les fonctions d'agent du contrôle, conjointement avec M. Noguier, précédemment désigné à cet effet.

(*Journal officiel* du 29 août 1909.)

CHRONIQUE FINANCIÈRE ET COMMERCIALE.

Nouvelles Sociétés. — *Compagnie générale d'entreprise et de location d'installations électriques (en formation).* Siège social : 23, rue Taitbout, à Paris. Durée : 40 ans. Capital : 700 000fr.

Société en nom collectif Schussel, Guy et Dumartheray (Éclairage électrique). Siège social : à Collonges-sous-Salève (Haute-Loire). Durée : 35 ans. Capital : 30 000fr.

Société en nom collectif Charet frères, entrepreneurs d'électricité. Siège social : 6, rue des Vignes, à Meudon (Seine-et-Oise). Durée : 20 ans. Capital : 4000fr.

Société française de l'Électricité économique. Siège social : aux Mureaux (Seine-et-Oise). Durée : 40 ans. Capital : 400 000fr.

Nouvelles installations d'éclairage électrique.

Villes dans lesquelles une installation électrique est projetée :

Bourges (Cher). — Le Maire vient de déposer le projet de cahier des charges en vue de la mise en adjudication de la distribution de la force et de la lumière électrique à Bourges.

Le Châtelet-en-Brie (Seine-et-Marne). — Une enquête est ouverte sur le projet d'éclairage électrique de la commune.

Dozulé (Calvados). — On annonce que le Conseil municipal vient d'adopter le projet d'éclairage électrique qui a été présenté par M. Fortin.

Firmy (Aveyron). — Le Conseil municipal a nommé une Commission pour s'occuper de l'éclairage électrique.

Saint-Pierre-Église (Manche). — La concession de l'éclairage électrique de cette localité aurait été donnée pour 30 ans à M. Nicolle.

Société anonyme d'éclairage électrique du Secteur de la place Clichy. — Du Rapport présenté par le Conseil d'administration à l'Assemblée générale ordinaire du 27 mai 1909, nous extrayons ce qui suit :

	Polices mises en service.		Polices annulées.		Polices restant en service.	
Années.	Nombre.	Hectowatts.	Nombre	Hectowatts.	Nombre.	Hectowatts.
1890....	52	1 339	"	"	52	1 339
1891....	04	1 833	"	"	104	1 833
1892....	283	6 668	"	"	283	6 668
1893....	304	5 414	"	"	304	5 414
1894....	734	12 605	3	122	731	12 483
1895....	508	9 352	50	1 451	458	7 901
1896....	738	11 695	103	1 497	635	10 198
1897....	978	14 149	143	2 078	835	12 071
1898....	1 171	16 041	297	3 618	874	12 423
1899....	1 332	18 196	369	4 298	963	13 898
1900....	1 308	18 577	479	6 435	829	12 142
1901....	1 413	20 691	616	9 235	797	11 456
1902....	1 505	20 402	761	9 650	744	10 752
1903....	1 586	25 977	934	15 099	652	10 878
1904....	1 590	22 969	1 038	12 892	552	10 077
1905....	1 787	25 286	1 181	16 052	606	9 234
1906....	1 864	30 585	1 135	19 957	729	13 628
1907....	2 425	39 813	1 374	19 586	1 051	20 227
1908....	2 763	35 888	1 354	19 810	1 409	16 078
	22 445	337 480	9 837	138 780	12 608	198 700

Nous desservons, actuellement, 12608 abonnés avec une puissance de 198700 hectowatts, ce qui, pour les 199000 habitants de notre secteur, représente une puissance de 1 hectowatt ou de trois lampes du type ancien de 10 bougies par habitant.

Le nombre des compteurs en service au 31 décembre 1908 était de 12896, en accroissement de 1279 sur l'année dernière.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1908.

Actif.

Dépenses de premier établissement, amortissements déduits	fr 9089695,11
Magasin, existences à l'inventaire	334707,05
Cautionnements	205487,90
Caisse, espèces	42724,24
Débiteurs, banquiers et divers	4107888,85
Maisons de rapport	508567,10
Valeurs en portefeuille	3511713,10
Rétroactivité de la retraite (à amortir)	34030 »
	17834813,35

Passif.

Capital		6000000,00
Réserve légale		600000 »
Réserve spéciale		1180000 »
Amortissement (art. 51 des Statuts)		6000000 »
Créanciers divers		3398272 »
Coupons à payer		26541,35
Compte de Profits et Pertes	930000fr	
moins acompte payé sur dividende.	300000	630000 »
		17834813,35

COMPTE DE PROFITS ET PERTES.

Débit.

Jetons des administrateurs	72349,95
Rémunération des commissaires des comptes	2700 »
Participation de la Ville de Paris	576281,35
Participation du personnel	200206,25
Rétroactivité de la retraite (à valoir)	15000 »
Frais généraux des travaux neufs	69888,88
Perte subie sur réalisation de matériel	216426,50
Droits d'usage du matériel cédé	402439 »
Transformation de matériel	26997,26
Solde créditeur	930000 »
Total	2512289,19

Crédit.

Produits nets de l'exploitation	1808748,97
Intérêts et divers	703540,22
Total	2512289,19

Le Conseil d'administration de la Société anonyme des Ateliers de Constructions mécaniques *Escher Wyss et Cie*, à Zurich (Suisse), a décidé, dans sa séance du 27 août, de proposer à la prochaine Assemblée générale des actionnaires, comme l'année dernière, la répartition d'un dividende de 7 pour 100.

Avis commerciaux. — RAPPORTS COMMERCIAUX DES AGENTS DIPLOMATIQUES ET CONSULAIRES DE FRANCE [1]. — N° 809. — *Possessions anglaises d'Afrique : Transvaal.* — Les mines d'or du Transvaal; le commerce sud-africain (1908-1909) et l'importation française.

[1] Ces documents sont tenus à la disposition des adhérents qui désireraient en prendre connaissance au Secrétariat général du Syndicat des Industries électriques, 11, rue Saint-Lazare.

NÉCROLOGIE.

Émile Gossart. — Nous apprenons la mort, survenue le 28 août, de M. E. Gossart, professeur à la Faculté des Sciences de l'Université de Bordeaux; il était âgé de 59 ans.

Depuis de longues années Gossart se consacrait à l'enseignement de l'Électricité. Outre ses cours à la Faculté des Sciences de Bordeaux, il faisait un cours public sur les applications de l'Électricité. Les leçons qu'il y professait ont été à diverses reprises publiées en lithographie. Tout récemment le résumé de ces leçons, ou plutôt la partie de ces leçons qu'il était obligé de refaire chaque année pour mettre ses auditeurs en mesure de le suivre, a été publié à la librairie Nony sous le titre de *Catéchisme des électriciens*. Ce Livre, que nous avons eu l'occasion de parcourir, montre tout le soin que Gossart apportait à mettre son enseignement à la portée de tous.

Avec lui disparaît non seulement un professeur consciencieux, mais un chercheur opiniâtre et un homme de bien.

Achille Parvillée. — L'explosion de l'usine à gaz de Genève, survenue le 23 août dernier, a fait une victime parmi les électriciens : Achille Parvillée.

Achille Parvillée n'avait que 52 ans. De concert avec son frère, Louis Parvillée, il dirigea pendant longtemps les Établissements Parvillée frères. En 1898, il adjoignit à la fabrication des produits céramiques pour l'électricité la fabrication des appareils de chauffage électrique et principalement des chaufferettes électriques pour tramways et chemins de fer.

INFORMATIONS DIVERSES.

Distribution. — SUR LE DÉVELOPPEMENT DE LA DISTRIBUTION DE L'ÉLECTRICITÉ A BERLIN. — A l'occasion du vingt-cinquième anniversaire de sa fondation, la Société qui exploite le réseau de Berlin a publié, en mai dernier, un historique de son exploitation depuis son origine, historique duquel nous extrayons les quelques renseignements qui suivent :

Les débuts ont été fort modestes. En vertu d'un contrat passé avec la municipalité de Berlin en 1884, l'entreprise a été fondée à cette époque au capital-actions de 3750000fr. La première usine centrale, qui date de 1885, avait au début une puissance de 900 chevaux; tandis que les machines à vapeur de cette même entreprise peuvent aujourd'hui développer une puissance de 163450 chevaux. En 1885, le rayon desservi était limité au centre de Berlin et mesurait une surface d'environ 708000$^{m^2}$, correspondant à une longueur de façades d'immeubles d'environ 8850m; aujourd'hui la longueur de façades d'immeubles, parcourue par des câbles d'alimentation, s'élève à 520km. A la fin de 1885, les consommateurs utilisaient 268 kilowatts-heure d'énergie; à la fin de 1908, la consommation a atteint le chiffre de 153947 kilowatts-heure. C'est en 1886 seu-

lement que l'entreprise a commencé à fournir de la force motrice et, fin 1888, elle n'en distribuait qu'une quantité de 8,5 chevaux ; fin 1908, elle a vendu une quantité de force motrice équivalente à 95879 chevaux. L'énergie produite annuellement s'élevait : en 1885, à 37080 kilowatts-heure; en 1907-1908, à 150615764 kilowatts-heure. La quantité de courant distribuée du 15 août 1885 au 30 juin 1905 a atteint le chiffre respectable de 1316077974 kilowatts-heure. Le capital social initial était, comme on l'a dit ci-dessus, de 3750000^{fr}; aujourd'hui les installations de l'entreprise représentent un capital de 168750000^{fr}, dont près de 42000000 de francs ont déjà été amortis. L'entreprise a distribué aux actionnaires, depuis sa fondation jusqu'au 30 juin 1908, des dividendes pour une somme de 43018087^{fr} et elle a, en outre, versé à la municipalité de Berlin une somme de 41686158^{fr} à titre de redevances.

La distribution par les coopératives agricoles en Allemagne. — Dans le numéro du 30 août, nous signalions, page 132, que quelques installations électriques ont été créées en France par les syndicats agricoles. En Allemagne, la première installation de ce genre date de 1903 et, parmi celles qui existent actuellement, il convient de citer les réseaux de distribution de Vangeron-Lottin et de Bartin-Besswitz, dans la Poméranie, et celui de Birnbaum, dans la province de Posen.

L'usine qui dessert le premier possède une machinerie hydraulique de 300 chevaux et une locomobile de réserve de 180 chevaux; ce réseau, qui comprend 137^{km} de ligne, dessert un territoire de 271$^{km^2}$ et alimente 61 entreprises agricoles où sont installés 150 moteurs électriques et 5000 lampes.

Le second réseau, de 220^{km} de longueur de lignes, alimente 180 électromoteurs et 5000 lampes; le troisième, dont l'installation n'est pas encore complète, comprendra 316^{km} de lignes desservant 5 villes et 14 villages.

Parmi les applications agricoles de l'électricité, signalons celle qui est faite à Kittergut, où un chemin de fer servant au transport des produits agricoles est desservi par deux locomotives électriques de 58 chevaux pouvant remorquer une cinquantaine de tonnes. Une autre application est l'irrigation pour laquelle sont établies de nombreuses installations dont les premières remontent à 1896.

Traction. — Projet d'électrification de la ligne Fiume-Cameral-Moravicza (Hongrie). — Depuis quelque temps il est question d'installer la traction électrique sur cette ligne qui fait partie du réseau des chemins de fer de l'État hongrois, mais des difficultés se présentaient pour la production de l'énergie électrique nécessaire. L'on songe aujourd'hui à utiliser les importantes chutes d'eau qui se trouvent près de la petite ville de Zengg et qui appartiennent à une société étrangère, laquelle vient de faire des offres au Gouvernement hongrois pour la fourniture de l'énergie. La station centrale, d'une puissance de 30000 chevaux, qu'on aménagerait à 2^{km} au sud de Zengg, alimenterait également en force motrice Fiume, Agram, Abbazia et le littoral croato-hongrois. Une société, au capital de 4000000 de francs, vient de se fonder à Paris pour la construction de l'usine et des lignes.

Projet d'électrification des lignes autrichiennes. — D'après l'*Électricien*, on prépare actuellement à Vienne les projets de détail pour l'électrification d'un certain nombre de chemins de fer qui, en raison de leurs fortes rampes, de l'existence de tunnels, du voisinage de chutes d'eau, du nombre important de leurs trains, semblent le mieux se prêter, aux points de vue technique et économique, à la traction électrique. Ces lignes sont les suivantes : Inspruck-Lindau, Feldkirch-Buchs et Bregenz-Saint-Margarethen (ensemble 233^{km}); Saint-Weit-sur-Glan-Assling-Trieste (204^{km}); Trieste-Herpelje-Kozina (23^{km}); Trieste-San-Sabba (5^{km}); Trieste-Buje (59^{km}); Trieste-triage-Barcola (5^{km}); Goerz-Haidenschacht-Bozen-Meran et Meran-Mals (91^{km}); Mals-Landeck (89^{km}); Schwarzack-Spittal et Villach-Rosenbach (ensemble 137^{km}); Steinach-Irdning-Attnang-Puchheim (107^{km}). Les lignes ci-dessus, d'un développement total de 980^{km}, représentent à peu près le quart du réseau autrichien qui se trouve à portée de sources hydrauliques utilisables, et qui se chiffre par 4000^{km}.

La traction électrique au Mont-Cenis. — En vue d'améliorer le service des trains entre Modane et Turin, où se rencontrent des déclivités importantes, les chemins de fer de l'État italien ont décidé d'électrifier certaines parties de la ligne et en particulier celle du tunnel du Mont-Cenis. Dans ce but ils viennent de traiter avec la Ville de Turin, laquelle met à leur disposition, moyennant un prix forfaitaire de 200000^{fr} par an, un groupe de 3500 kilovolts-ampères de son usine de Chiomonte, sur la Dora-Riparia.

Les tramways électriques de Mexico. — Pendant très longtemps les moyens de transport en commun de Mexico sont restés très primitifs, et il n'y a que deux ans que la traction électrique y a été introduite.

D'après l'*Electrical Review* du 1er mai, le réseau de tramways, qui dessert une population de 800000 habitants, comprend 213^{km} de voies à traction électrique et 50^{km} à traction animale; les prolongements en cours d'exécution vont porter la longueur totale à 320^{km}.

Les lignes suburbaines passent par des localités importantes, telles que Tlalpam, Tacoubaya, Coyoacan, etc., et vont aboutir sur la place de la Cathédrale, à Mexico, où est la tête des lignes. La prise de courant se fait par trôlet; outre les voitures à voyageurs ordinaires, des wagons à marchandises et des chars funéraires circulent sur les lignes. A l'intérieur de la ville, le tarif est uniforme (6 cents mexicains), et le plus long parcours est de 8^{km}; au dehors il est proportionnel aux distances.

Radiotélégraphie. — Installation de deux nouveaux postes au Brésil. — La Compagnie générale radiotélégraphique (Carpentier, Gaiffe, Rochefort) vient de recevoir du Gouvernement brésilien l'importante commande de l'entreprise complète de deux stations radiotélégraphiques, l'une à Fernando de Noronha, l'autre à Pernambouc.

Fernando de Noronha est une petite île de 16^{km} de long sur 1^{km} de large en moyenne, située au Nord-Nord-Est, à 330 milles de Pernambouc. La situation de l'île qui est la plus à l'est du Brésil, à l'extrémité de la pointe la plus avancée vers l'est du continent sud-américain, lui donne une situation très importante et particulièrement favorable à l'échange des radiotélégrammes avec les navires en mer. Cette île est de plus le point d'émergence unique du câble Pernambouc-Dakar et, en cas d'interruption de ce dernier, entre Pernambouc et Dakar, pourra assurer le service de transmission.

Le Gouvernement du Brésil, très intelligemment, a compris l'importance radiotélégraphique de l'île de Fernando. La station de télégraphie sans fil de cette île devra faire en tous temps 1000 milles et, par suite, les navires munis de la radiotélégraphie pourront être en rapport avec cette importante station pendant les deux tiers du temps de la traversée Dakar au Brésil; pendant l'autre tiers, la station radiotélégraphique française de Dakar ou celle de la baie du Lévrier (également fournie par la Compagnie générale radiotélégraphique) seront en communication constante avec les navires.

Une communication en tout temps de 1000 milles oblige à des puissances qui, par condition favorable, c'est-à-dire la nuit, peuvent porter à des distances plus que doubles. Il y a donc tout lieu d'espérer que des communications nocturnes entre Fernando et Dakar pourront être obtenues directement et pourraient doubler le câble en cas d'avarie de celui-ci.

La station de Pernambouc marchera sur 600^{m} de longueur d'onde avec une puissance d'environ 6 chevaux, mais la station de Fernando de Noronha sera double : une station même puissance que précédemment et à 600^{m} également de longueur d'onde; une autre station d'environ 1800^{m} de longueur d'onde avec une puissance de 60 chevaux.

Nous donnerons plus tard les caractéristiques de chacune de ces stations, la description générale de leur appareillage et des vues que les constructeurs nous ont promises. Pour l'instant, il nous est simplement agréable d'apprendre à nos lecteurs que cette station, une des plus importantes du monde, a été confiée à une maison française dont les trois fondateurs bien connus sont sympathiques à tous les électriciens français.

Bien entendu, ce n'est qu'à la suite d'un mûr examen que le Gouvernement brésilien s'est décidé. La Société française C. G. R. était en concurrence avec la Marconi Wireless (anglaise), la Telefunken (allemande), la National Signalling (États-Unis), la International Construction (États-Unis).

PROJET DE TÉLÉGRAPHIE SANS FIL EN CHINE. — L'administration chinoise des Télégraphes, estimant qu'il est impossible de maintenir une ligne télégraphique en bon état dans les déserts s'étendant au nord-ouest de Pékin, a décidé de faire établir des postes de télégraphie sans fil dans cette région.

COMMUNICATION A 2400^{km}. — D'après la *Japan Chronicle*, le steamer japonais *Tenyo-Maru* a pu correspondre avec une station située à 2400^{km} à l'aide d'un poste dont la puissance primaire n'est que de 1,5 kilowatt. C'est une nouvelle preuve, comme l'ont depuis longtemps démontré les résultats obtenus par les officiers de la Guerre et de la Marine françaises, que l'on peut avec de bons appareils couvrir de très grandes distances sans avoir besoin des postes d'une puissance exceptionnelle.

Radiotéléphonie. — LA RADIOTÉLÉPHONIE EN FRANCE. — Les deux lieutenants de vaisseau, MM. Colin et Jeance, qui ont obtenu de si beaux succès avec leurs appareils radiotéléphoniques, et dont les deux expériences officielles Tour Eiffel-Melun, le 11 avril 1909, et Toulon-Navire *Condé* (174^{km}), au commencement du mois de juin, ont été signalées par nous, continuent, avec le concours de la marine de guerre, leurs expériences.

Le 18 août dernier, une station d'émission a été placée à la grande station de la marine Mourillon (Toulon), avec M. Colin, et une station de réception a été installée à Port-Vendres, à la station radiotélégraphique de la marine, avec M. Jeance (distance 240^{km}). Les essais ont duré 2 heures, et M. Jeance, à Port-Vendres, n'a pas perdu un mot de tout ce que lui disait, à travers la Méditerranée, M. Colin, à Toulon. La réception a été assez puissante pour que les expérimentateurs puissent affirmer que la distance de 300^{km} eût été franchie sans aucune difficulté.

Électrochimie. — LA FABRICATION DE LA CYANAMIDE CALCIQUE. — D'après *Engineering*, l'usine d'Odda pour la fabrication de la cyanamide calcique comprendrait actuellement 196 fours, capables chacun d'une production de 1 tonne de cyanamide par semaine.

Les cornues sont manœuvrées au moyen d'un pont roulant électrique.

Une usine spéciale produit l'azote nécessaire; l'alimentation des fours est réglée par des registres.

L'absorption de l'azote dure de 30 à 40 heures.

Les fours employés sont de petites dimensions et, par le fait, ils exigent des manipulations coûteuses; mais il a été reconnu indispensable de se contenter de petits appareils pour obtenir des produits de qualité bien uniforme.

Paris. — Imprimerie GAUTHIER-VILLARS, quai des Grands-Augustins, 55.

43751

Le Gérant : GAUTHIER-VILLARS

6e Année. — TOME XII. N° 138. — 30 SEPTEMBRE 1909.

LA REVUE ÉLECTRIQUE

ORGANE

DE L'UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ

Revue paraissant deux fois par mois.

Abonnement. Paris : 25 fr. — Départements : 27 fr. 50. — Union postale : 30 fr. — **Le Numéro : 1 fr. 50.**

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,

Quai des Grands-Augustins, 55.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J. Blondin, 171, Faubourg Poissonnière, Paris (9e).

Tome XII. **N° 138. — 30 septembre 1909.**

LA REVUE ÉLECTRIQUE

CHRONIQUE.

Dans l'avant-dernier numéro M. Gourel donnait une vue d'ensemble des installations électriques de l'Exposition de Nancy. Aujourd'hui il décrit (p. 205) l'un des groupes électrogènes de la **station centrale de l'Exposition de Nancy :** le groupe à turbine Electra de la Compagnie générale électrique alimenté par des chaudières Leflaive.

L'étude de l'**établissement des grandes usines génératrices d'électricité** a été récemment envisagée par M. Chevrier dans une communication à la Société des Ingénieurs civils; on en trouvera, p. 208, une analyse très étendue.

Dans une première partie, l'auteur examine les dispositions d'ensemble qu'il convient d'adopter en partant de ce principe que, dans l'établissement d'une grande usine destinée à alimenter un important réseau de distribution de force motrice et d'éclairage, il convient beaucoup plus de la doter des dispositifs susceptibles d'une part d'empêcher un arrêt accidentel de l'usine, d'autre part de diminuer les frais d'exploitation, que de chercher à diminuer les dépenses de première installation.

L'économie d'exploitation conduirait à s'arranger de manière que chaque groupe d'appareils puisse toujours fonctionner dans les meilleures conditions de rendement et par conséquent qu'à chaque groupe électrogène correspondît une batterie de générateurs ayant la puissance strictement nécessaire pour assurer le fonctionnement de ce groupe. Mais, d'un autre côté, la question de sécurité, plus importante encore que la question d'économie, par suite de la répercussion désastreuse qu'aurait un arrêt de l'usine sur le développement financier de l'entreprise, conduit au contraire à disposer l'usine de telle sorte qu'un groupe électrogène quelconque puisse être alimenté instantanément par une batterie de générateurs quelconques.

Entre ces deux solutions extrêmes, usine à groupes autonomes et usine à groupes interchangeables, il y a une solution mixte applicable aux usines de très grande puissance : l'usine formée de sections autonomes, chaque section formant en quelque sorte une usine génératrice complète avec ses machines de secours. C'est cette solution mixte qui est aujourd'hui adoptée dans les grandes centrales et M. Chevrier montre qu'elle doit donner toute satisfaction tant au point de vue de l'économie, car le prix de revient de l'énergie ne diminue plus quand la puissance augmente lorsque celle-ci dépasse une certaine limite, qu'au point de vue de la sécurité, car chaque section possède les machines de secours capables de remédier instantanément à un accident survenu à une des machines de cette section et, au besoin, par l'ouverture de tuyauteries de vapeur normalement fermées réunissant deux sections, de remplacer à bref délai une machine d'une autre section.

Passant aux appareils auxiliaires, M. Chevrier fait observer qu'après s'être tout d'abord adressé à la vapeur pour les actionner on a, poussant la réaction à l'extrême, préconisé leur commande par le courant électrique pris aux bornes du tableau, c'est-à-dire sous forme alternative. Or cette dernière solution, si elle est économique, augmente les

chances d'arrêt de l'usine, puisqu'elle fait dépendre son fonctionnement de la marche régulière de moteurs à courant alternatif sujets à se décrocher pour le moindre court-circuit soit dans l'usine, soit sur le réseau. Aujourd'hui, la commande des machines auxiliaires se fait généralement par courant continu, une batterie d'accumulateurs intercalée sur le circuit permettant alors d'assurer la continuité du fonctionnement même en cas de décrochage des moteurs commandant les dynamos. M. Chevrier estime toutefois que cette solution, onéreuse puisqu'elle comporte plusieurs transformations de l'énergie, devrait être uniquement utilisée pour l'excitation, les auxiliaires des condenseurs et des générateurs de vapeur, les autres appareils, tels que transporteurs de charbon, machines d'atelier, etc., dont l'arrêt momentané n'a pas autant d'importance, pouvant être desservis avec du courant alternatif.

Dans une seconde partie de son travail, M. Chevrier envisage les dispositions qui lui semblent devoir être adoptées dans les divers services d'une usine génératrice pour satisfaire le mieux possible aux conditions de sécurité et d'économie. On verra qu'il préconise l'installation dans la chaufferie d'un poste remplissant pour ce service les mêmes fonctions que le tableau de distribution pour le service électrique.

Dans ce poste seraient installés les appareils de mesures, tels que manomètres, thermomètres, compteurs d'eau et de vapeur, doseurs de gaz carbonique, etc., permettant le contrôle de la chaufferie, ainsi que les organes de commande permettant de faire varier les conditions de marche. On sait qu'une installation de ce genre a été plus ou moins complètement réalisée dans les grandes usines modernes, en particulier dans l'usine de Saint-Denis ([1]), et surtout dans l'usine des tramways de Varsovie ([2]), récemment décrite ici, qu'on pourrait prendre comme modèle à cet égard, encore que le poste de chaufferie n'y soit pas aussi complet que le désire M. Chevrier.

Un autre point à signaler est la solution que préconise M. Chevrier pour l'excitation des alternateurs. Il estime que l'excitation individuelle par excitatrice en bout d'arbre est beaucoup plus logique que la pratique actuelle à peu près générale de l'excitation collective. Les considérations qu'il développe à l'appui de sa thèse ont été reproduites textuellement, p. 215.

On verra enfin que, dans ses dispositions générales, le tableau de distribution des usines modernes est considéré par M. Chevrier comme répondant d'une façon presque parfaite aux désirs des praticiens. Rappelons à ce propos que l'installation des tableaux de distribution a été l'objet d'un important article de M. Mathivet publié récemment dans ces colonnes ([1]) et où nos lecteurs trouveront une critique plus serrée de cette partie d'une usine génératrice moderne.

A la suite de cet article on trouvera (p. 216 et 217) les descriptions sommaires de quelques installations d'usines génératrices : **usine des écluses de Port-à-l'Anglais**, qui fournit la force motrice nécessaire aux manœuvres ainsi que l'éclairage de ces écluses; **usine de Loch Leven**, d'une puissance de près de 30000 chevaux, ayant coûté 37 millions, qui alimente les fours à aluminium de la British Aluminium Co; enfin **usine de la Interborough Rapid Transit Co**, l'une des plus belles et des plus puissantes usines d'électricité à moteurs à vapeur à pistons, où l'on vient d'installer une turbine Curtis de 5000 kilowatts utilisant la vapeur d'échappement de ces moteurs.

Le chauffage des chaudières par le **charbon pulvérisé** injecté dans le foyer par l'air même qui doit servir à sa combustion a déjà été l'objet de plusieurs tentatives en raison des avantages économiques que présente cette façon de brûler le charbon; ces avantages sont signalés page 218.

A la même page on trouvera la description d'une des **machines demi-fixes Wolf** actuellement présentées à l'Exposition de Nancy. Cette machine est particulièrement intéressante, car, d'après des essais récents, une machine de ce même type, de 100 chevaux, n'a consommé que 404^g de charbon par cheval-heure effectif.

Le passage des câbles à haute tension à travers les enveloppes métalliques des appareils qu'ils doivent alimenter présente de sérieuses difficultés de construction; à la page 220 est décrit un **dispositif type condensateur** qui, d'après M. REYNDERS, donne de bons résultats.

La description qui est donnée page 223 des **installations des Aciéries de la Indiana Steel Co** montre les avantages qu'offre l'énergie électrique pour la commande des machines métallurgiques à couple résistant rapidement variable.

Parmi les autres articles de ce numéro signalons encore celui de la page 227 où M. SNYDER décrit une application du **chauffage électrique** à l'extraction de l'essence de térébenthine. J. B.

([1]) *La Revue électrique*, t. V, 15 janvier 1906, p. 5.
([2]) *La Revue électrique*, t. XI, 30 mars 1909, p. 210.

([1]) *La Revue électrique*, t. XI, 15 avril 1909, p. 251.

UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ.

Siège social : boulevard Haussmann, 63, Paris. — Téléph. : 276-35.

Syndicats adhérents à l'Union : SYNDICAT DES FORCES HYDRAULIQUES, DE L'ÉLECTROMÉTALLURGIE, DE L'ÉLECTROCHIMIE ET DES INDUSTRIES QUI S'Y RATTACHENT; SYNDICAT PROFESSIONNEL DES INDUSTRIES ÉLECTRIQUES; SYNDICAT PROFESSIONNEL DES INDUSTRIES ÉLECTRIQUES DU NORD DE LA FRANCE; SYNDICAT PROFESSIONNEL DE L'INDUSTRIE DU GAZ (USINES ÉLECTRIQUES DU); SYNDICAT PROFESSIONNEL DES USINES D'ÉLECTRICITÉ.

SYNDICAT PROFESSIONNEL DES INDUSTRIES ÉLECTRIQUES.

Siège social : rue Saint-Lazare, 11.

Téléphone : 238-60.

DIX-HUITIÈME BULLETIN BIMENSUEL DE 1909.

SOMMAIRE : Tarif des douanes françaises : décision réglementaire récente relative au classement des marchandises, p. 203. — Bibliographie, p. 203. — Liste des documents publiés dans le *Bulletin* à l'intention des membres du Syndicat, p. 203. — Demandes d'emplois, *voir* aux annonces, p. XV.

Tarif des douanes françaises.

Décision réglementaire récente relative au classement des marchandises.

Désignation des marchandises.	Classement.
Neutralisateurs électriques.	V. *Appareils électriques* (n° 524 *bis*).

Bibliographie.

MM. les membres adhérents peuvent se procurer au Secrétariat général :

1° Les statuts du Syndicat;
2° Les annuaires du Syndicat;
3° La collection complète des Bulletins;
4° Les numéros séparés dont ils auraient besoin pour compléter leur collection;
5° Les instructions concernant les conditions d'établissement des installations électriques dans l'intérieur des maisons;
6° Les instructions générales pour la fourniture et la réception des machines et transformateurs électriques;
7° La série de prix des travaux d'électricité établie par le groupe des Chambres syndicales du bâtiment et des industries diverses et le Syndicat Professionnel des Industries électriques (édition de 1907);
8° Le Rapport de M. Guieysse sur les retraites ouvrières;
9° Les affiches dont l'apposition est prescrite par les lois réglementant le travail (voir *Bulletin* de juin 1905);
10° Les affiches « Dangers de l'alcoolisme » et « Conseils pour éviter la tuberculose »;
11° L'affiche indiquant les secours en cas d'accidents dus aux conducteurs d'énergie électrique;
12° La loi du 15 juin 1906 sur les distributions d'énergie; les décrets, arrêtés et circulaires relatifs à l'application de cette loi;
13° La convention pour la concession de la distribution de l'énergie électrique dans Paris.

Liste des documents publiés dans le présent Bulletin à l'intention des membres du Syndicat Professionnel des Industries électriques.

Avis commerciaux. — Rapports commerciaux des agents diplomatiques et consulaires de France, p. 231. — Tableau des cours du cuivre, p. 231.

SYNDICAT PROFESSIONNEL DES USINES D'ÉLECTRICITÉ.

Siège social : rue Tronchet, 27, Paris.

Téléphone : 225-92.

DIX-HUITIÈME BULLETIN BIMENSUEL DE 1909.

SOMMAIRE : Bibliographie, p. 203. — Compte rendu bibliographique, p. 204. — Liste des documents publiés à l'intention des membres du Syndicat Professionnel des Usines d'Électricité, p. 204.

Bibliographie.

1° Collection reliée des Bulletins des années 1896 à 1899 (Tome I).
2° Collection reliée des Bulletins des années 1900 et 1901 (Tome II).
3° Collection reliée des Bulletins des années 1902 et 1903 (Tome III).
4° Collection reliée des Bulletins de l'année 1904 (Tome IV).
5° Collection reliée des Bulletins de l'année 1905 (Tome V).
6° Collection reliée des Bulletins de l'année 1906 (Tome VI).
7° Collection reliée des Bulletins de l'année 1907 (Tome VII).
8° Loi et décrets du 9 avril 1898 sur les accidents du travail.
9° Loi du 22 mars 1902 complétant celle du 9 avril 1898 dont la connaissance doit être donnée aux ouvriers par l'affichage dans les ateliers. Il y a lieu pour les membres adhérents de se pourvoir d'affiches répondant à ces nécessités.

Selon les préférences, le Secrétariat peut remettre aux adhérents soit la loi du 22 mars 1902 isolée, soit la loi du 9 avril 1898 remaniée et mise au point. Cette deuxième affiche est plus chère que la première.

10° Circulaire ministérielle du 19 août 1895 : secours à donner aux personnes foudroyées (*courants continus*).
11° Circulaire ministérielle du 19 août 1895 : secours à donner aux personnes foudroyées (*courants alternatifs*).
12° Études sur l'administration et la comptabilité des usines électriques, par A.-C. Ray.
13° Instructions pour l'entretien et la vérification des compteurs, à courant continu et à courant alternatif.
14° Rapport de la Commission des Compteurs, présenté au nom de cette Commission, par M. Rocher, au Congrès du Syndicat, le 13 juin 1903 (document strictement personnel et confidentiel réservé aux seuls membres du Syndicat).

15° Rapport fait au nom de la Commission chargée d'examiner le projet de loi sur les distributions d'énergie, par M. A. Berthelot, député.

16° Projet de loi relatif aux usines hydrauliques sur les cours d'eau non navigables ni flottables, présenté au nom de M. Émile Loubet, Président de la République française, par M. Léon Mougeot, Ministre de l'Agriculture.

17° Projet de loi tendant à autoriser la Ville de Paris à emprunter une somme de 120 millions et à organiser le service du gaz, présenté au nom de M. Émile Loubet, Président de la République française, par M. E. Combes, Président du Conseil, Ministre de l'Intérieur et des Cultes.

18° Note sur la traction électrique des chemins de fer, par M. le Dr Tissot (Congrès du Syndicat, 1903).

19° Conférence de M. Chaumat sur la Télégraphie sans fil (Congrès du Syndicat, 1904).

20° Rapport fait au nom de la Commission de l'Administration générale, départementale et communale, des cultes et de la décentralisation, chargée d'examiner le projet de loi tendant à autoriser la Ville de Paris à emprunter une somme de 120 millions et à organiser le service du gaz, par M. Émile Morlot, député.

21° Renseignements et avis pour la Commission préfectorale chargée d'étudier le régime futur de l'électricité à Paris.

22° Procès-verbal de la séance du 24 octobre 1904 de la Commission d'organisation du régime futur de l'électricité à Paris.

23° Rapport de M. Ch. Prevet, sénateur, fait au nom de la Commission chargée d'examiner le projet de loi, adopté par la Chambre des Députés, tendant à autoriser la Ville de Paris à emprunter une somme de 120 millions et à organiser le service du gaz.

24° Proposition de loi présentée par M. Janet sur les distributions d'énergie.

25° Étude présentée par M. Lauriol, ingénieur en chef des services généraux d'éclairage, à la Sous-Commission du régime futur de l'Électricité à Paris, en date du 26 novembre 1904.

26° Note de M. Blondel, du 12 décembre 1904, et Note de la maison Brown-Boveri pour la Commission du régime futur de l'électricité à Paris.

27° Rejet par le Sénat de la régie du gaz à Paris (séances des 21 et 23 février 1905).

28° Loi du 9 avril 1898, modifiée le 31 mars 1905, concernant la responsabilité des accidents dont les ouvriers sont victimes dans leur travail.

29° Deuxième Rapport présenté par M. Morlot sur le projet de loi tendant à autoriser la Ville de Paris à emprunter une somme de 120 millions et à organiser le service du gaz.

30° Rapport de la Commission des Compteurs relatif aux réponses des constructeurs de compteurs aux desiderata qui leur ont été soumis par la Commission (réservé aux exploitants d'usines électriques).

31° Modèle type de bulletin de commande de compteurs.

32° Compte rendu *in extenso* des séances de la Chambre des Députés des 31 octobre, 6, 8, 10 et 13 novembre 1905 (la question du gaz à Paris).

33° Compte rendu *in extenso* de la séance du Sénat du 14 décembre 1905 (la question du gaz à Paris).

34° Compte rendu *in extenso* des séances du Conseil municipal des 15 et 31 décembre 1905 (la question du gaz à Paris).

35° Décret sur l'hygiène et la sécurité des travailleurs dans les établissements mettant en œuvre des courants électriques (affiches).

36° Loi sur les distributions d'énergie électrique, 15 juin 1906. (Brochure.)

(*Adresser les commandes à M. le Secrétaire général.*)

Compte rendu bibliographique.

Il sera fait mention de tous les Ouvrages d'intérêt général relatifs aux Associations comme aussi de tous les Livres techniques utiles pour les applications du courant électrique dont on fera parvenir deux exemplaires au Syndicat Professionnel des Usines d'Électricité.

Liste des documents publiés dans le Bulletin à l'intention des membres du Syndicat Professionnel des Usines d'Électricité.

Chronique financière et commerciale. — Convocations d'Assemblées générales, p. 231. — Société toulousaine d'Électricité, p. 231. — Avis, p. 232. — Demandes d'emplois, *voir* aux annonces, p. xv.

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

USINES GÉNÉRATRICES.

Station centrale de l'Exposition de Nancy. — Ainsi que nous le disions dans le court article sur l'Exposition de Nancy qui a été récemment publié ici [1], la station centrale électrique qui fournit la force motrice à cette Exposition comprend quatre groupes électriques.

La figure 1 donne une vue de ces groupes; à droite, au fond, se trouve le groupe Leflaive-Compagnie générale électrique, que nous décrivons ci-dessous.

Groupe électrogène Leflaive-Compagnie générale électrique. — La maison Leflaive a exposé deux chaudières de son type bien connu, qui alimentent le groupe turbo-dynamo de la Compagnie générale électrique. Ce groupe (*fig.* 2) est d'une puissance de 400 kilowatts;

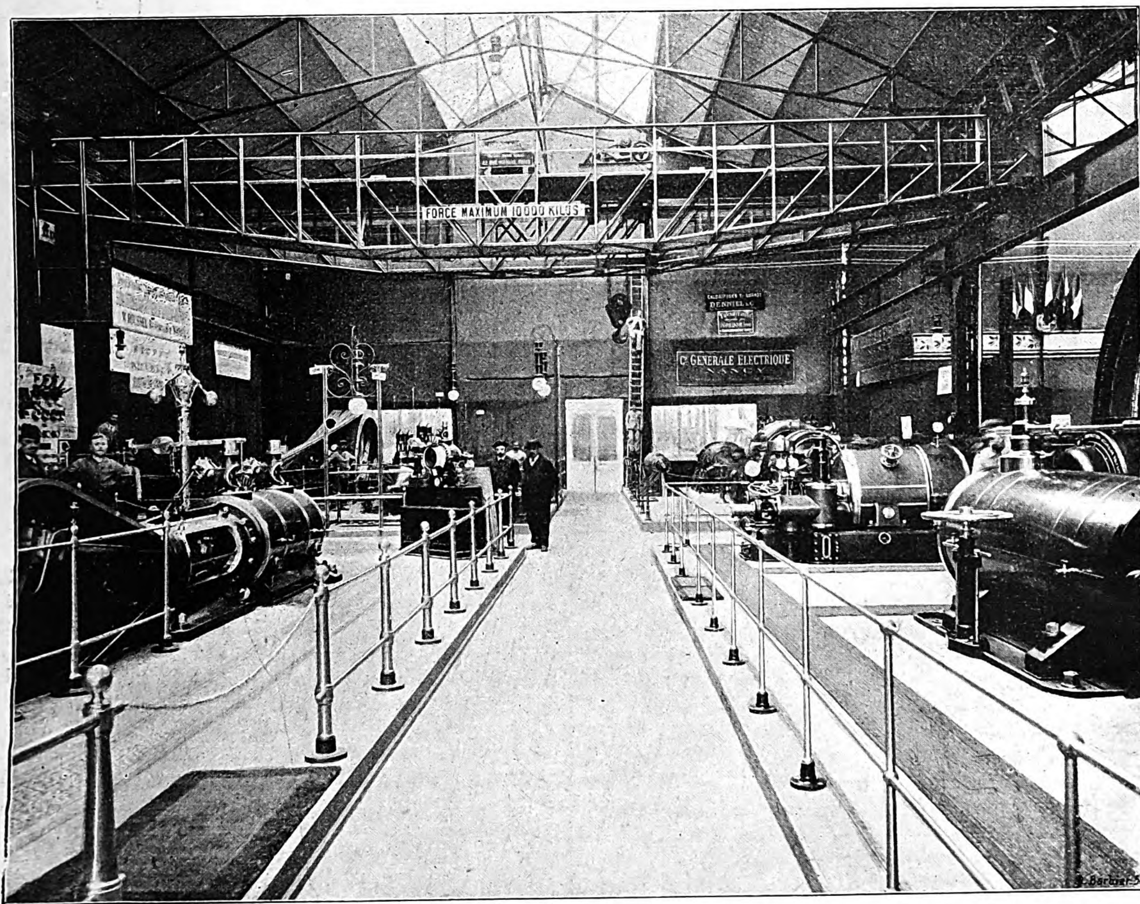


Fig. 1. — Vue de la station centrale de l'Exposition de Nancy.

sa vitesse est de 2000 tours par minute. Il est alimenté par de la vapeur à 10 kg : cm² et 300°. La dynamo est à courant continu et à 250 volts. Le condenseur à mélange est du type Westinghouse-Leblanc.

La turbine *Electra* (*fig.* 3 et 4) qui forme le moteur du groupe est une turbine compound à deux chutes de pression : la première détente correspond au passage de la pression de 10 kg : cm² à 1,100 kg : cm² environ; la seconde, de 1,100 kg : cm², à la pression du condenseur, soit environ 100g par centimètre carré.

(1) *La Revue électrique*, t. XII, 30 août 1909, p. 154.

6.

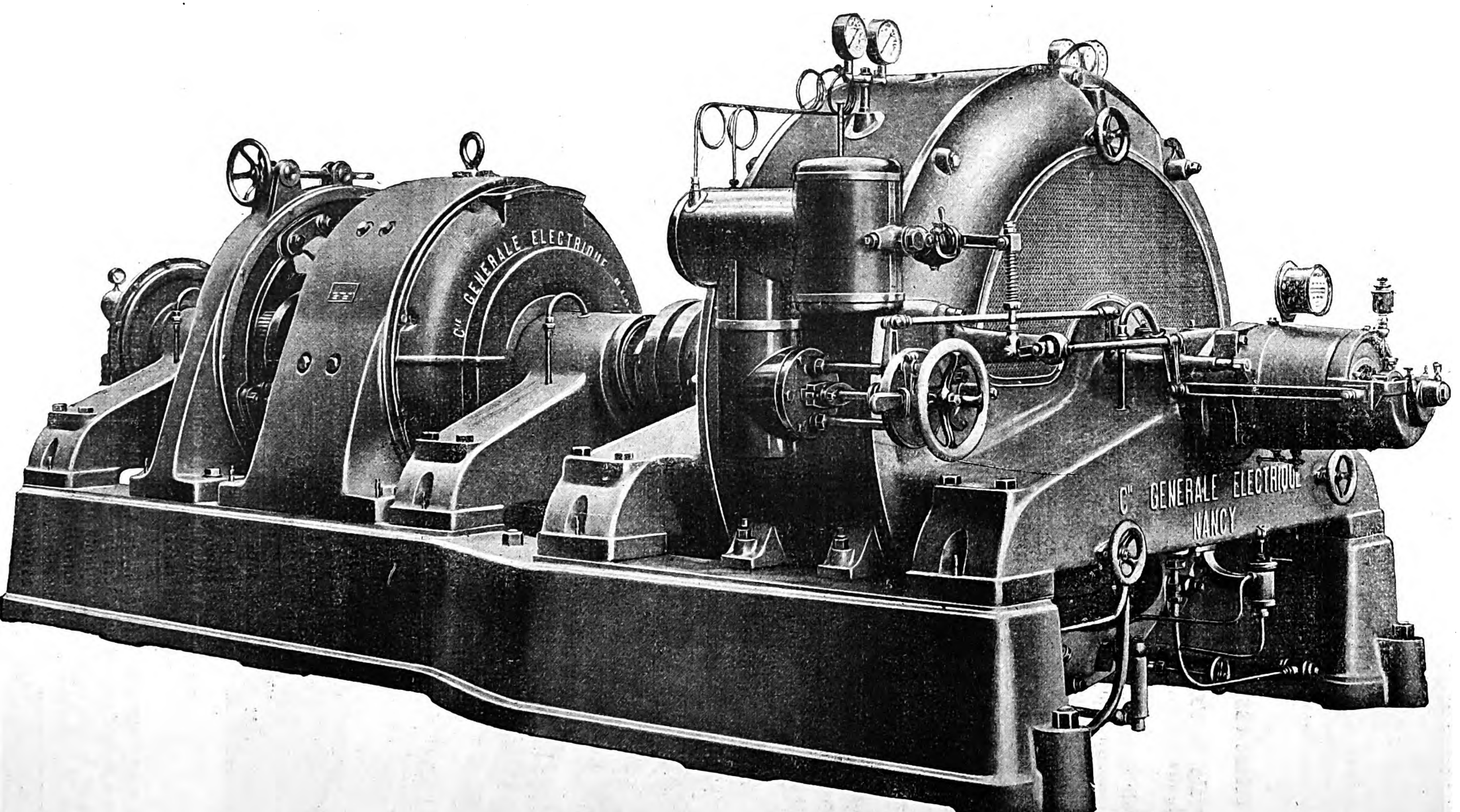


Fig. 2. — Groupe électrogène de la Compagnie générale électrique alimenté par des chaudières Leflaive.

La particularité caractéristique de la turbine *Electra,* qui est une turbine à action, radiale, c'est que, au lieu de faire passer la vapeur par plusieurs roues par étage de pression, on n'emploie qu'une seule roue, dans laquelle on fait repasser plusieurs fois la vapeur. Ceci s'obtient à l'aide de tuyères spéciales dites *clarinettes.*

La roue à haute pression possède deux jeux de clarinettes permettant à la vapeur de traverser trois fois la roue (*fig.* 4, côté gauche); la roue à basse pression possède quatre jeux de clarinettes et la vapeur la traverse également trois fois (*fig.* 4, côté droit). La vapeur à la pression d'admission entoure la première

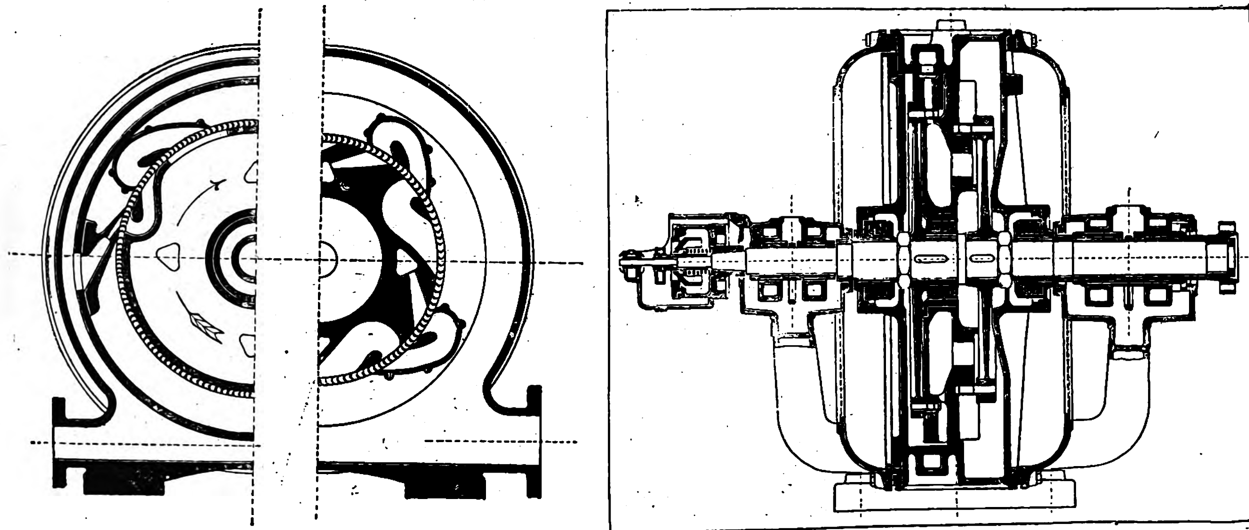


Fig. 3 et 4. — Vue en plan et coupes verticales de la turbine Electra.

roue; la vapeur à la pression du condenseur entoure la seconde roue, et tout l'intérieur de la turbine est rempli de vapeur à la pression intermédiaire.

A chaque passage, la vitesse de la vapeur diminue, et par suite la vitesse tangentielle de la roue, mais aussi le couple moteur augmente proportionnellement au nombre des passages.

La régulation de ces turbines est obtenue au moyen d'un régulateur à force centrifuge, monté directement sur l'arbre, et qui actionne une vanne à double siège

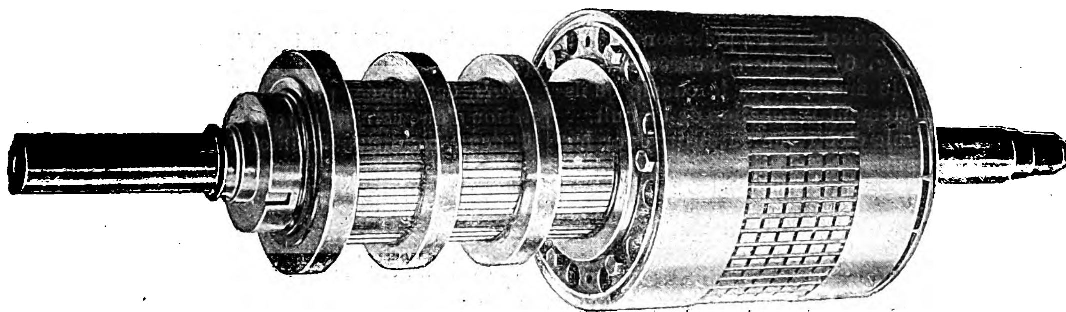


Fig. 5. — Induit et collecteur de la dynamo.

donnant admission de la vapeur dans les tuyères. La vitesse ainsi obtenue est sensiblement constante, puisqu'elle ne varie guère que de 2,5 pour 100 entre la pleine charge et la marche à vide.

D'ailleurs, lorsque la marche de la turbine doit être sensiblement constante pendant un temps assez long, des languettes de réglage, placées sur les tuyères, permettent de faire varier à la main l'admission de vapeur. On peut ainsi obtenir soit une surcharge, soit une marche réduite dans des conditions économiques. De plus, un dispositif de sécurité ferme totalement l'admission de vapeur si la vitesse devient exagérée, par suite d'avarie au régulateur.

La partie électrique du groupe est des plus intéressantes, car on sait la grande difficulté d'exécution des dynamos à courant continu de grande puissance à haute vitesse.

Pour assurer la commutation dans de bonnes con-

ditions, la Compagnie générale électrique emploie à la fois des dispositifs mécaniques qui font l'objet de brevets et des dispositifs électriques : pôles de commutations et enroulements compensateurs.

Le collecteur (*fig.* 5) est constitué avec des lames en forme de U, et la ventilation de l'induit fait circuler de l'air dans la partie interne de cet U qui est tourné vers l'arbre. D'un autre côté la couronne porte-balais est creuse et un ventilateur placé en bout d'arbre y envoie de l'air sous pression; cet air est injecté sur le collecteur vers les blocs de charbon, à l'aide d'une tuyère qui fait partie du porte-balais. Le refroidissement du collecteur est ainsi bien assuré et il n'y a pas tendance à l'amorçage d'arcs entre balais.

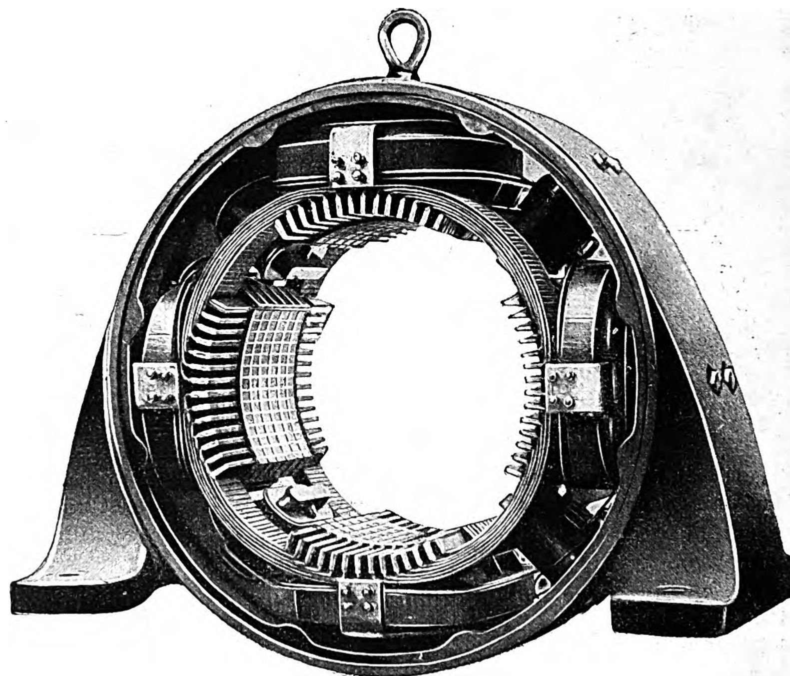


Fig. 6. — Inducteur de la dynamo.

Du côté électrique, les inducteurs à 4 pôles sont munis de pôles auxiliaires (*fig.* 6) et aussi d'enroulements compensateurs réglés de manière que le champ qu'ils produisent annule exactement la réaction de l'induit.

La Compagnie générale électrique garantit, pour les turbines de 600 chevaux à 2000 tours du type de celle en marche à l'Exposition par une pression de 10 kg : cm², une température de 300° de la vapeur et un vide de 90 pour 100, les consommations suivantes en kilogrammes de vapeur par cheval-heure effectif :

$\frac{1}{4}$ de charge	8,45
$\frac{1}{2}$ charge	6,9
$\frac{3}{4}$ de charge	6,3
Charge numérale	6,0
Surcharge de 25 pour 100	6,25

Le tableau de distribution ne renferme aucun appareil nouveau; il comprend naturellement les organes de réglage et de mise en parallèle sur le réseau.

G. GOUREL.

Sur les grandes usines centrales à vapeur au point de vue des conditions générales de leur établissement, par G. CHEVRIER. Communication faite à la Société des Ingénieurs civils, le 2 juillet 1909 (*Mémoires et travaux de la Société des Ingénieurs civils,* 62ᵉ année, p. 622-656). — Tout projet d'installation d'une usine génératrice d'électricité doit satisfaire à deux conditions primordiales : la première est de présenter un ensemble de dispositions telles que les chances d'arrêt de l'usine soient réduites au minimum et que, au cas où cet arrêt se produirait, sa durée soit réduite autant qu'il est possible; la seconde condition est évidemment de réaliser la production la plus économique.

Dans son Mémoire, M. Chevrier examine comment il est possible de satisfaire à ces deux conditions pour les divers services d'une usine électrique, services qu'il divise comme il suit :

A. Service des générateurs de vapeur, comprenant :

a. Débarquement, transport et distribution du combustible aux divers points à desservir; évacuation des cendres et mâchefers;

b. Combustion, évacuation des gaz;

c. Alimentation;

d. Canalisation et distribution de la vapeur.

B. Service des groupes électrogènes, comprenant :

a. Transformation de la chaleur en travail, machines motrices;

b. Condensation de la vapeur;

c. Transformation du travail mécanique en énergie électrique, alternateurs;

d. Excitation des alternateurs.

C. Service électrique proprement dit qui ne comporte que le tableau de distribution.

D. Services auxiliaires : entretien, magasins, comptabilité.

I. Plan général. Dispositions d'ensemble. — Cette première partie du Mémoire est, par suite même de la généralité des considérations qui y sont exposées, difficilement analysable. Pour cette raison, et à cause de l'intérêt que présentent ces considérations pour les électriciens, nous les reproduisons textuellement :

« Bien qu'il soit évidemment impossible, dit M. Chevrier, de poser des règles absolues qui puissent s'appliquer à tous les cas de la pratique, on peut toutefois considérer comme très restreint le nombre des solutions compatibles avec une logique d'ailleurs évidente. L'examen des grandes installations modernes montre, en effet, qu'elles tendent de plus en plus vers un type uniforme, au moins dans ses grandes lignes, et dont la principale caractéristique se trouve immédiatement déterminée par ce facteur dominant : l'étendue considérable de la surface occupée par les générateurs de vapeur, comparativement à celle que nécessite la puissance motrice correspondante.

» Ceci conduit à développer les chaufferies perpendiculairement au grand axe de la salle des machines, et non plus parallèlement, comme on le faisait autrefois, avant l'emploi des turbo-moteurs, aujourd'hui généralisé.

» La disposition qui en résulte est dite des « rues de chauffe », expression qui résulte de ce fait que les générateurs d'un même groupe ou d'une même salle de chauffe se trouvent disposés face à face comme les maisons d'une même rue.

» Ce dispositif, très généralement adopté, se prête très bien aux diverses servitudes du service de chauffe; il permet de réaliser dans les conditions les plus rationnelles :

» 1° L'extension progressive de l'usine, par adjonction de groupes similaires correspondant chacun à une nouvelle rue de chauffe.

» 2° La division de l'usine totale en sections entièrement distinctes et autonomes, ce qui, tout particulièrement dans le cas des centrales pour éclairage (à régime variable), constitue un avantage de premier ordre.

» 3° La « boucle » des tuyautages de vapeur et d'eau d'alimentation, évitant que le circuit se trouve interrompu en cas de rupture accidentelle en un point quelconque de son parcours.

» Avec l'ancienne disposition comportant une seule rangée longitudinale de générateurs, cette condition essentielle ne pouvait être réalisée qu'au prix d'un double tuyautage, inutilisé sur la moitié de sa plus grande longueur et doublant, par suite, les pertes par condensation ainsi que les chances d'accident par saute de joints, explosions de vannes, etc. Ici, deux collecteurs parallèles voisins forment naturellement les deux grands côtés de la boucle, laquelle sera complétée en les réunissant par leurs extrémités, soit qu'on forme ces couples par les collecteurs de deux rangées de générateurs en façade sur la même rue, ou par ceux de deux rangées opposées.

» 4° Le groupement et l'agencement rationnels de tous les services desservant un même groupe de générateurs : amenée du charbon suivant l'axe de la rue et distribution symétrique aux générateurs des deux bords; sortie des escarbilles; évacuation des gaz de la combustion par des carneaux rectilignes aboutissant à une cheminée par rue; centralisation des auxiliaires (pompes alimentaires, ventilateurs de tirage, moteurs commandant les transporteurs et divers) et des appareils de contrôle (analyseurs de gaz, indicateurs de tirage et de température, etc.).

» La disposition logique qu'entraîne, pour le reste du plan, cette première détermination, consiste à encadrer la salle de chauffe entre, d'une part, la salle des machines dont les diverses unités génératrices se trouveront au droit des groupes de générateurs ou salles de chauffe partielles affectés à leur alimentation, et, d'autre part, les silos de charbon, côté des cheminées (*voir* plan de l'usine de Saint-Denis). Cette dernière disposition est, toutefois, subordonnée pour une très large part aux disponibilités du terrain; la première ne comporte pas d'autre solution admissible. Enfin, le tableau de distribution et ses nombreux accessoires seront placés de préférence sur le grand côté de la salle des machines opposé aux générateurs. Les trois grands services de l'usine : service de chauffe, service des machines et service électrique, peuvent donc être considérés comme localisés d'avance suivant un plan d'ensemble susceptible de ne comporter qu'assez peu de variantes.

» Entre ces grandes lignes et la détermination du choix des appareils, ainsi que des détails de leur agencement, interviennent quelques questions d'ordre général dont l'étude mérite la plus grande attention. M. Chevrier mentionne, en particulier, les deux suivantes :

» 1° Dispositions tendant à assurer en permanence la meilleure utilisation possible du matériel en service (générateurs et groupes électrogènes).

» 2° Auxiliaires : machines de servitude desservant les unités principales et services intérieurs de l'usine; origine et nature de la puissance motrice devant les actionner; dispositifs de sécurité.

» 1° *Dispositions tendant à assurer en permanence la meilleure utilisation du matériel en service.* — La première question, de laquelle dépend pour une très large part l'économie future de l'exploitation, repose sur la considération des horaires de marche tant annuel (fonction de la saison) que journalier (fonction de l'heure).

» Il existe à ce point de vue une différence radicale entre l'usine pour traction et l'usine pour éclairage, et telle disposition parfaitement justifiée dans l'un des cas pourra, dans l'autre, se trouver onéreuse ou simplement déplacée.

» On trouve un exemple de ce fait dans la centra-

lisation des auxiliaires dont il sera parlé plus loin. Pour une usine de traction dont le service comportera la marche permanente d'un nombre très peu variable d'unités génératrices, on peut admettre (sauf réserves quant à la question de sécurité générale) le principe de la centralisation des grands auxiliaires (excitation des alternateurs et condensation des machines motrices) qui consiste dans l'emploi d'excitatrices et de condenseurs séparés et desservant chacun plusieurs groupes électrogènes. Mais l'obligation de maintenir en marche ces auxiliaires, si faible que soit le degré d'utilisation du matériel principal desservi par eux durant certaines périodes, vient grever l'économie générale d'une constante de consommation d'autant plus lourde que ces périodes de faible charge sont elles-mêmes plus longues; cette solution est donc tout à fait inadmissible pour l'usine d'éclairage dont le taux d'utilisation est appelé à varier constamment et dans de très larges limites.

» D'une façon très générale, le facteur de différentiation entre ces deux types extrêmes d'usines centrales sera le « degré de dépendance réciproque » des divers éléments concourant à la production de l'énergie totale. A la limite, et toujours sous la réserve précédemment posée, cette dépendance pourra être aussi complète que possible dans une usine de traction ne formant qu'un seul ensemble toujours utilisé intégralement; dans le cas de l'usine pour éclairage, au contraire, il y aura le plus grand intérêt à réaliser, d'après les conditions d'horaire du réseau, un fractionnement de la puissance totale assurant l'autonomie la plus complète des diverses subdivisions, de façon que chacune d'elles puisse être, en permanence, utilisée dans les meilleures conditions de rendement.

» Chacune de ces subdivisions constituera donc, abstraction faite de certains services forcément communs, une centrale distincte se suffisant à elle-même.

» Ce programme conduira à attribuer à chaque ensemble électrogène, constituant la partie électromécanique d'une subdivision, une chaufferie *normalement* affectée à son usage propre. Étant, en effet, donné le développement des grandes centrales actuelles, on ne saurait conserver dans toute sa généralité ce principe, longtemps admis comme absolu, qui consiste à affranchir les diverses unités motrices et les divers groupements de générateurs de toute dépendance réciproque : un collecteur général de vapeur constamment sous pression sur toute son étendue permettant d'alimenter n'importe quelle machine avec n'importe quelle fraction de la chaufferie. Ce principe est de ceux qui, excellents quand on les applique sur une échelle restreinte, deviennent nuisibles dès qu'on les généralise à l'excès. Indépendamment de la longueur excessive du tuyautage et des complications qui en résultent, entraînant une multiplicité de joints et de vannes d'une surveillance et d'un entretien onéreux, les conditions modernes d'exploitation font intervenir un facteur prépondérant en pareille matière : c'est la température élevée que l'emploi des turbo-moteurs permet d'attribuer à la vapeur par la surchauffe (peut-être serait-il plus exact de dire : *impose* à la vapeur). Les grands collecteurs aboutissant aux unités génératrices seront nécessairement en surchauffe : or, on sait combien rapidement augmentent les pertes de chaleur en fonction de la différence entre la température de la vapeur et celle de l'ambiance : quelque soin qu'on apporte à protéger par d'épaisses couches de calorifuge les énormes surfaces des collecteurs, ceux-ci n'en seront pas moins le siège d'une dissipation permanente d'énergie qu'une bonne économie ne saurait tolérer, la réduction de surchauffe qui en résulte conduisant, d'autre part, à diminuer d'autant le rendement thermique des moteurs.

» Ce fait conduit à restreindre notablement l'application du principe général énoncé ci-dessus.

» Toutefois, à côté des conditions que l'*économie* de l'exploitation indique, il ne faut pas négliger celles que la *sécurité* doit prévoir, et, si le principe ne peut être appliqué dans son intégrité absolue, encore pourra-t-il convenir de ne pas renoncer entièrement aux garanties que son application réduite à des proportions raisonnables serait capable de procurer.

» Comparons les degrés de sécurité respectifs que présentent ces deux solutions extrêmes : d'une part, l'usine indivise et, d'autre part, l'usine sectionnée en groupes autonomes entièrement distincts.

» Un accident susceptible d'immobiliser une partie de l'installation pourra avoir son siège : dans le tuyautage de vapeur, dans un générateur ou dans un groupe électrogène.

» Contre un accident au tuyautage, saute de joint ou rupture de vanne, la réalisation de la boucle dans chaque section donne le maximum de sécurité; les grandes longueurs de tuyautage, les coudes nombreux et la multiplicité des joints et des vannes tendant plutôt, dans le cas de l'usine indivise, à accroître les chances d'accident. La sécurité générale n'a donc, de ce côté, rien à perdre dans le sectionnement.

» Par contre, pour ce qui concerne l'éventualité d'un générateur ou d'un turbo-moteur hors de service, le fait de ne pouvoir substituer à l'élément immobilisé l'un quelconque des rechanges répartis dans l'usine totale place l'usine sectionnée dans un état d'infériorité vis-à-vis de l'usine indivise. L'alternative est la suivante : ou bien multiplier les rechanges, au prix d'une plus grande dépense de premier établissement, ou bien consentir à une réduction du coefficient de sécurité.

» Les conditions sont d'ailleurs loin d'être les mêmes, suivant que l'on considère les générateurs ou les groupes électrogènes. Dans le cas d'un accident venant immobiliser l'un des générateurs, le reste de la batterie pourra toujours suppléer pendant le temps voulu au défaut de l'élément avarié; chaque chaufferie comportera d'ailleurs normalement ses propres rechanges nécessaires, tant pour le roulement des nettoyages et des visites, que pour les remplacements en cas d'avarie. Seul le nombre total d'éléments supplémentaires à prévoir en vue de cette dernière éventualité excédera, pour l'usine sectionnée, celui qui pourrait suffire, avec le coefficient de sécurité, à l'usine indivise, mais il ne s'agit que de quelques pourcents en plus, et c'est une dépense de premier établissement à consentir.

» L'éventualité de voir une subdivision immobilisée

par sa chaufferie est donc très peu probable et, de ce côté encore, la sécurité n'aura pas à souffrir du sectionnement.

» Mais tout autre est le risque de cette immobilisation, partielle ou totale, par suite d'un accident à l'un des groupes électrogènes. En pareil cas, il faudra de suite suppléer au groupe immobilisé par la mise en marche d'un autre, lequel sera *nécessairement* alimenté par la chaufferie de la subdivision considérée A venant reporter sur ce groupe la puissance laissée disponible par l'arrêt du précédent.

» Ou ce nouveau groupe appartiendra, en tant que rechange *prévu comme tel*, à la subdivision A, ou bien ce sera un groupe appartenant à une autre subdivision. Si l'on admet cette dernière possibilité, dont l'avantage évident est l'utilisation infiniment plus complète des rechanges dont l'installation totale dispose, il faudra de toute nécessité avoir prévu, soit la ressource, pour chaque groupe électrogène, de pouvoir prendre sa vapeur sur une autre chaufferie, par un jeu de vannes et de tuyautage laissant les chaufferies sans connexion entre elles, soit une jonction intermédiaire entre les collecteurs propres à chaque subdivision, permettant de solidariser les chaufferies. Mais, maintenir la vapeur en permanence dans cette jonction nous ramènerait au principe du collecteur principal dont nous avons précédemment signalé les conséquences onéreuses; d'autre part, si l'on réserve cette disposition comme ressource ne devant servir qu'en cas de besoin, en la séparant par des vannes étanches et normalement fermées, on ne pourra pas utiliser immédiatement cette ressource, à cause du temps nécessaire pour réchauffer, purger et équilibrer cette partie froide du tuyautage.

» Néanmoins, cette solution apparaît comme préférable à la première, celle du groupe pouvant être relié à deux chaufferies, qui est beaucoup moins générale. Le principe de la jonction tenue en réserve trouve sa justification et son application rationnelle dans ce fait que le problème des rechanges *se pose en réalité sous deux formes : le rechange immédiat et le rechange différé*. Pour fixer les idées, supposons que chaque subdivision telle que A comporte trois turbo-moteurs (soit deux en service, un de rechange prévu) alimentés par la même chaufferie, en temps ordinaire sans connexion avec aucune autre. Un accident survient en marche à l'un des turbo-alternateurs; le troisième lui est immédiatement substitué; voilà le rechange immédiat, qui (sauf le cas très exceptionnel d'un second accident survenant le même soir sur un groupe de la même subdivision) permettra d'assurer entièrement le service du jour.

» Mais la subdivision A demeure actuellement sans rechange, et son emploi, dans ces conditions, est scabreux; alors, et durant le temps nécessaire pour la réfection du groupe avarié, on maintiendra établie la jonction entre sa chaufferie et celle de la subdivision voisine B, la mise en communication de cette jonction ayant été faite à loisir. Le groupe de rechange de B sera de la sorte provisoirement commun aux deux subdivisions A et B. En cela consiste le rechange différé, ne présentant pas le caractère d'urgence immédiate du premier.

» De proche en proche, s'il se produit d'autres immobilisations du même genre, la même manœuvre permettra d'intéresser successivement tous les rechanges de l'usine à la marche des subdivisions incomplètes, au prix d'une dépense de calorique dans les jonctions correspondant ici à un cas de force majeure, et non à un état de choses normal et permanent.

» En résumé, la solution qui vient d'être esquissée dans ses grandes lignes comportera :

» D'une part, dans chaque subdivision, au moins un groupe supplémentaire, destiné à servir de rechange immédiat;

» D'autre part, en vue de rechanges différés, la possibilité de solidariser entre elles les chaufferies par une jonction transversale reliant les collecteurs, cette jonction devant être normalement fermée pour être utilisée, suivant une longueur plus ou moins grande, dans le seul cas où, un ou plusieurs groupes électrogènes se trouvant hors de service, la destination primitive des rechanges instantanés devra se trouver généralisée.

» Sans prétendre attribuer à cette solution la généralité d'une formule type, on peut faire valoir à son actif le fait de satisfaire assez bien à la double condition d'économie et de sécurité. Sous ce dernier rapport, son avantage sur d'autres est d'être en parfait accord avec les besoins très effectifs de la pratique, dans laquelle nous trouvons réellement les deux degrés d'urgence auxquels elle répond. Au point de vue économique, on doit éviter d'avoir à maintenir la pression dans un collecteur si la sécurité immédiate se trouve assurée par ailleurs; au point de vue sécurité, il faut pouvoir utiliser de la façon la plus générale possible les rechanges en unités génératrices dont l'installation totale dispose.

» Le fractionnement de l'usine lui permettra surtout de satisfaire économiquement aux variations périodiques de l'horaire annuel; celles de l'horaire journalier pourront justifier dans le même but l'adoption d'unités de puissances inégales, les moins puissantes servant de transition entre deux états de régime consécutifs. »

En général, la tendance est plutôt de préconiser l'emploi d'unités du même type; mais c'est là encore un principe auquel il ne faut pas attribuer plus d'importance qu'il n'en comporte. M. Chevrier ne pense pas qu'il y ait une seule raison sérieuse qui s'oppose à l'emploi d'unités différentes; par contre, cet emploi présentera le plus souvent, dans les usines pour éclairage, un très réel intérêt économique.

2° *Les auxiliaires; origine et nature de la puissance motrice; dispositifs de sécurité.* — En plus des grands éléments générateurs proprement dits : générateurs de vapeur, générateurs de mouvement ou machines motrices, générateurs d'énergie électrique ou alternateurs, une usine centrale comporte un très grand nombre de machines de puissance et de nature variées, indispensables au fonctionnement des précédentes et dénommées « auxiliaires » ou « machines de servitude ». Ce seront, pour le service des générateurs de vapeur :

Les transporteurs de charbon et d'escarbilles;

Les ventilateurs de tirage;

Les pompes d'alimentation;

Les appareils de commande mécanique des grilles, etc.

Pour le service des machines motrices :

Les pompes de circulation et pompes à air des condenseurs.

Pour le service des alternateurs :

Les excitatrices.

A cette liste, il convient d'ajouter les machines diverses de l'atelier d'entretien, les grues, ponts roulants, etc., et l'éclairage des diverses parties de l'usine.

Pour les besoins de cette partie de son étude, M. Chevrier classe ces machines en quatre catégories, d'après le degré d'urgence de leur fonctionnement. Ce seront :

En premier lieu, celles dont la moindre défaillance ou le moindre arrêt (si court fût-il) compromet *instantanément* la marche de l'unité desservie, ou supprime, avec complication d'un accident plus ou moins grave, sa participation au service général de l'usine. Se trouvent dans ce cas :

Les excitatrices, lorsque l'excitation des alternateurs se fait par génératrices séparées (cette question sera traitée à propos des groupes électrogènes);

Les auxiliaires des condenseurs, pompes de circulation et pompes à air.

On trouve ensuite, avec quelques degrés de moins dans l'urgence et dans les dangers immédiats d'accident :

Les auxiliaires du service de chauffe, soit :

Les ventilateurs de tirage;

Les pompes d'alimentation;

Les grilles mobiles (organes de commande).

En troisième lieu, pouvant tolérer un arrêt de courte durée, les transporteurs de charbon alimentant les générateurs.

Enfin, la quatrième et dernière catégorie comprendra les machines dont la marche n'intéresse pas immédiatement les unités génératrices, et peut, par suite, être suspendue pendant un temps beaucoup plus long, telles que les machines d'atelier, de levage et autres.

L'éclairage de l'usine a sa place dans la seconde catégorie.

Dans ce grand organisme qu'est une usine centrale, la question des auxiliaires est vraiment une question vitale; son étude, surtout pour ce qui concerne les deux premières catégories, a donc une importance de tout premier ordre, *trop souvent méconnue*. Certains accidents, dus à des imprévoyances initiales, peuvent, en effet, suspendre en totalité ou en partie la marche de l'usine, et provoquer de graves accidents, sans qu'il y ait en cela l'excuse d'un cas de force majeure vraiment valable. On ne saurait évidemment être toujours maître d'une interruption due à l'un de ses multiples accidents auxquels nos usines sont exposées en permanence; mais ce qui ne devrait pas pouvoir arriver, au moins sauf complication de fatalités successives, c'est qu'une batterie de chaudières ou un ensemble de machines principales se trouve immobilisé, éventuellement pendant plusieurs jours, par suite d'une avarie survenue à une machine de servitude dont cet ensemble dépend; il n'est pas non plus admissible qu'un accident insignifiant sur le réseau puisse provoquer, ne fût-ce que pendant un instant, l'arrêt d'auxiliaires de première importance.

Et cependant il existe nombre de cas où la négligence apportée à l'étude de ces questions vitales maintient des usines sous la menace d'éventualités de cet ordre; cela tient souvent à ce que, dans le projet d'ensemble, cette étude a été rejetée au second plan, par rapport à celle des éléments principaux, groupes électrogènes, chaudières, etc. De pareilles erreurs dénotent une conception erronée de la valeur réelle des choses. Il ne faut pas s'abuser sur le sens de ces mots « principal » et « auxiliaire »; l'importance réelle d'une machine, au point de vue *exploitation*, se chiffrera, non d'après sa puissance ou son prix, mais bien d'après la puissance totale qui dépend de son fonctionnement, et, si tel « auxiliaire » se trouve, par exemple, commander trois machines « principales », il devient de ce fait trois fois plus « principal » que chacune de ces dernières et mérite d'être traité en conséquence au double point de vue des soins apportés à son établissement et des rechanges qu'il conviendra de lui attribuer.

En pareille matière, la question la plus générale et la première qui doive être envisagée, car beaucoup d'autres en dépendent, est l'origine et la nature de la puissance motrice destinée à alimenter ces services. C'est cette question qui va maintenant être examinée.

Dans cette question, de même que dans la précédente, les deux facteurs dominants seront, en premier lieu la sécurité, en second lieu l'économie au point de vue de la production de la force motrice. Nous allons voir dans quelles mesures les solutions connues satisfont à ce double desideratum.

Lors de l'installation de la plupart des premières grandes usines, la note caractéristique semble avoir été la séparation des deux services, électrique et mécanique. On peut dire qu'elles furent assez souvent bâties en deux pièces, tant bien que mal raccordées ensemble, le constructeur mécanicien d'une part, le constructeur électricien de l'autre, fournissant et montant chacun le lot propre à sa spécialité sans beaucoup s'inquiéter de l'autre. Le choix de la puissance motrice des auxiliaires fut conforme à cet état de choses, le mécanicien installant autant de machines à vapeur qu'il y avait d'auxiliaires à commander. C'est ainsi que, dans une des grandes centrales de Paris, le service des auxiliaires de première et de deuxième catégorie comprenait à son origine :

Pour l'excitation des alternateurs, quatre machines de 125 chevaux;

Pour la condensation, deux groupes comprenant chacun une machine de 40 chevaux environ, actionnant la pompe de circulation, trois machines du même type que la précédente, couplées sur le même arbre, actionnant les pompes à air.

Soit au total douze machines à vapeur, plus 4 chevaux alimentaires, pour dix machines à vapeur principales actionnant les alternateurs.

Au point de vue sécurité, le vice fondamental de ce système résidait dans une trop grande centralisation des services auxiliaires de première catégorie. Une

avarie survenant à l'une des pompes de circulation, pour lesquelles aucun rechange n'était prévu, immobilisait complètement la moitié de la condensation totale; pour ce qui est de l'excitation collective, on reviendra plus loin sur l'opportunité de cette solution.

Au point de vue économic, les résultats furent déplorables, deux causes principales intervenant pour qu'il en fût ainsi, savoir : d'une part, le fonctionnement onéreux de ce grand nombre de petites machines à vapeur; d'autre part, et plus encore, la très mauvaise adaptation d'un tel système à un horaire qui ne comportait, 18 heures au moins sur 24, l'emploi que d'une faible fraction de la puissance génératrice totale. N'y eût-il qu'*un seul* groupe électrogène en fonction, son excitation et sa marche à condensation exigeaient de la sorte *cinq autres machines motrices* (une pour l'excitatrice, quatre pour le condenseur), fonctionnant alors dans des conditions absurdes d'utilisation et de rendement.

Ce cas est cité parce qu'il est particulièrement typique. L'expérience acquise dans toutes les applications similaires conduisit, bien entendu, à la condamnation radicale et définitive du système.

Elle conduisit en même temps à préconiser la solution diamétralement opposée, formulant comme règle absolue *de n'avoir, dans une centrale, d'autre machine à vapeur que les machines principales des groupes électrogènes,* toute la puissance exigée par les auxiliaires étant empruntée à ces machines sous forme d'énergie électrique prise aux bornes du tableau de distribution.

Ainsi formulée, cette solution a le défaut des principes trop absolus qu'inspire une réaction contre un abus déterminé : elle n'envisage qu'un côté de la question, le côté économique, si fortement compromis par la solution précédente, et se trouve par contre entachée d'un vice dont ce système, au moins, était exempt : celui de faire dépendre le fonctionnement de tous les auxiliaires d'un à-coup sur le réseau, d'une défaillance du voltage aux bornes du tableau. En effet, appliquée sous sa forme la plus directe, elle implique l'emploi du moteur alternatif, sujet à tomber hors de phase, à se décrocher en pareil cas. Avec ce système, le moindre court-circuit, soit dans l'usine, soit sur le réseau (cas beaucoup plus fréquent), et qui, normalement, devrait n'occasionner qu'un trouble passager et insignifiant, pourra provoquer un désastre en interrompant instantanément des services de première urgence. Il ne faut absolument pas compter qu'un appareil protecteur, fusible ou disjoncteur, si bien réglé fût-il, puisse garantir contre un accident de ce genre, car la cause qui déterminera le jeu du disjoncteur provoquera, au moins neuf fois sur dix, le décrochage *simultané* des moteurs.

A un tel état de choses, il faut nécessairement un correctif, et ceci nous amène à la solution la plus généralement appliquée aujourd'hui : transformer l'énergie prise aux bornes du tableau en courant continu, soit par commutatrices avec transformateurs, soit, plus généralement, par moteurs-générateurs, ce qui permettra, comme dispositif de sécurité, d'avoir aux bornes du circuit à courant continu une batterie d'accumulateurs constamment en charge et prête à se substituer automatiquement à la génératrice, en cas de décrochage du moteur alternatif.

Avec une batterie soigneusement contrôlée et entretenue, cette solution peut être considérée comme satisfaisant à la condition de sécurité aussi bien qu'à celle d'économie. L'emploi des moteurs à courant continu présente assurément des avantages qui, dans l'application présente, sont loin d'être négligeables : couple puissant au démarrage, stabilité (par opposition aux possibilités de décrochage des moteurs alternatifs), possibilité de faire varier la vitesse par rhéostat de champ. Par contre, la batterie d'accumulateurs est une sujétion onéreuse, surtout comme entretien; en outre, le rendement global de la double transformation nécessaire sera moins élevé que celui de la transformation simple, par transformateur statique, suffisant aux moteurs alternatifs; enfin, l'entretien du moteur continu, sans être onéreux, n'est pas absolument nul, comme celui du moteur à champ tournant. Pour ces raisons, il semble préférable de restreindre cette solution dans les limites où elle apparaîtra comme nécessaire, soit aux deux premières catégories, les deux dernières pouvant très bien s'accommoder du moteur alternatif.

Une autre raison en faveur de la séparation de ces deux services est dans l'avantage qu'il y a, toujours au point de vue de la sécurité, à soustraire le premier aux répercussions d'accidents pouvant survenir dans le circuit du second. La meilleure solution, suivant M. Chevrier, consisterait même à séparer la première catégorie de la deuxième, en n'appliquant qu'à cette dernière la solution dont il vient d'être parlé et en ne faisant dépendre que du fonctionnement de chaque turbomoteur considéré isolément les deux services connexes : excitation et condensation, qui le concernent. Pour l'excitation, la solution existe : c'est l'excitatrice en bout d'arbre; pour ce qui concerne la commande des pompes, la chose n'a pas été réalisée, du moins à la connaissance de M. Chevrier, mais il ne semble pas qu'elle présente des difficultés insurmontables. On pourrait adjoindre à l'excitatrice, dont les variations de voltage seraient une gêne pour la marche des moteurs, une seconde génératrice leur fournissant l'énergie, quitte à les faire démarrer, lors de la mise en marche du turbo-moteur, par le courant continu pris sur le circuit général alimentant la deuxième catégorie.

Maintenant, il ne faut pas se tenir trop strictement à la lettre des formules telles que celle énoncée plus haut et l'importance d'un ensemble comme celui des services auxiliaires d'une grande centrale peut très bien justifier, par dérogation au principe posé, l'établissement d'une petite centrale intérieure qui produirait, dans les meilleures conditions possibles de sécurité, l'énergie destinée aux auxiliaires. Une puissance de plus de 1000 chevaux peut être engendrée économiquement par des machines, de préférence à pistons et à faible vitesse, prenant, bien entendu, leur vapeur sur l'une des chaufferies principales. C'est là une question qui mérite d'être prise en considération dans l'étude d'un projet. Mais, même dans ce cas, M. Chevrier croit

préférable de maintenir complètes l'indépendance et l'autonomie de chaque turbo-moteur et de ses auxiliaires.

II. Questions générales de premier établissement des services d'une usine. — Dans cette seconde Partie, M. Chevrier examine dans chacun des trois services techniques, service de chauffe, service des machines, service du tableau, les quelques questions générales de premier établissement dont la détermination lui semble être plutôt du ressort de l'exploitant que de celui du constructeur.

1° *Service de la chauffe.* — C'est de ce service que M. Chevrier s'occupe plus spécialement. Il estime, en effet, que le service du tableau est actuellement au point et que les machines motrices, qui ne peuvent être aujourd'hui que des turbines lorsqu'il s'agit d'unités de grande puissance, relèvent directement du domaine du constructeur et non de celui de l'exploitant. D'un autre côté, l'abaissement du prix de vente de l'énergie électrique force les exploitants à essayer de diminuer leurs prix de revient et dans cette voie le service de la chaufferie, abandonné jusqu'ici à l'empirisme, est certainement celui qui mérite d'être le plus attentivement examiné.

L'idée directrice qui devra régir l'agencement des auxiliaires du service de chauffe est, dit M. Chevrier, « la possibilité de centraliser, dans chaque batterie distincte, l'ensemble des moyens de contrôle et d'action ». En d'autres termes, il convient de disposer les appareils de manière à pouvoir réaliser pour la chaufferie un tableau analogue à ce qu'est, pour le service électromécanique, le tableau de distribution de l'usine. Un poste vitré, à l'abri des poussières et pouvant être établi à l'extrémité de la rue de chauffe opposée à la salle des machines, réunira, dans la plus large mesure possible, les appareils de contrôle ainsi que les organes de réglage permettant d'agir sur les divers facteurs du régime de chauffe.

En plus des manomètres, niveaux d'eau et indicateurs de vaporisation placés sur chaque générateur, les appareils actuellement en usage et susceptibles d'être centralisés de la sorte sont :

Les manomètres indicateurs de tirage ;

Les manomètres placés sur la conduite d'alimentation des générateurs ;

Les thermomètres thermo-électriques donnant la température de l'eau à son introduction dans la chaudière ;

Les thermomètres donnant le degré de surchauffe de la vapeur ;

Les thermomètres donnant la température des gaz de la combustion à la sortie des économiseurs.

Et à ces appareils, tant enregistreurs qu'à lecture directe, correspondant au contrôle permanent et instantané des facteurs qui s'y rapportent, il convient d'ajouter les appareils de contrôle périodique, dont les principaux sont :

Les compteurs d'eau ;

Les bascules automatiques pesant le combustible ;

Le doseur-enregistreur, mesurant à des intervalles égaux la teneur en anhydride carbonique des gaz de la combustion.

Quant aux organes d'action, ce seront ceux qui permettront de faire varier :

La dépression déterminant le tirage ;

Le débit des appareils alimentaires ;

La valeur des organes de distribution et de passage du combustible sur les grilles ;

Les températures de rechauffage (eau d'alimentation) et de surchauffe (vapeur), etc.

La dépression déterminant le tirage pourra être facilement commandée électriquement du tableau si l'on adopte le tirage mécanique au moyen d'aspirateurs, système que M. Chevrier préfère de beaucoup au tirage direct. Il en sera de même des appareils d'alimentation, lesquels, à quelques unités près appelées à servir en cas d'arrêt total de l'usine ou dans d'autres cas exceptionnels, doivent être commandés par moteurs électriques à l'exclusion complète des procédés barbares de commande employés jusqu'à ces derniers temps.

Examinant la disposition à adopter pour les économiseurs et surchauffeurs, M. Chevrier se pose la question : « Seront-ils collectifs ou individuels ? » En d'autres termes, desserviront-ils un nombre plus ou moins grand de générateurs ou bien chaque appareil sera-il attribué à un seul générateur avec lequel il fera corps. Pour les économiseurs, il préconise l'appareil individuel, et cela pour deux raisons : étant placé immédiatement à la sortie des gaz, avant que ceux-ci se soient partiellement refroidis au cours de leur passage dans les carneaux (par détente et perte directe de chaleur), il utilisera une température plus élevée, déterminant les meilleures conditions de rendement ; de même, l'eau sortant de l'économiseur entrera directement dans le générateur, sans subir la perte de calories inhérente à un long parcours dans un collecteur général.

Au contraire, pour les surchauffeurs, M. Chevrier estime que le même ordre de considérations tendrait à donner l'avantage au surchauffeur (ou groupe de surchauffeurs) collectif, placé entre la batterie de générateurs et le groupe de moteurs desservis par elle, le plus près possible de ces derniers afin d'éviter la perte de chaleur occasionnée par le grand excès de température de la vapeur surchauffée sur le milieu ambiant. En outre, l'indépendance du surchauffeur, possédant son foyer propre, rend entièrement maître du degré de surchauffe, condition beaucoup plus difficilement réalisable avec la solution du surchauffeur intercalé dans le générateur et soumis, de ce fait, à toutes les variations d'une allure plus ou moins intensive suivant l'état de charge.

Passant au mode de montage des canalisations de vapeur, M. Chevrier condamne le système donnant au tuyautage le plus de liberté possible en le suspendant simplement par des colliers à des tirants verticaux. Il n'est pas plus partisan du système rigide consistant à fixer le tuyautage à la charpente métallique du bâtiment de manière à ne permettre que le jeu normal exigé par les dilatations, ce jeu étant assuré par des compensateurs convenablement répartis. Il préfère de beaucoup le système intermédiaire, d'ailleurs le plus répandu en pratique, consistant à laisser le tuyautage reposer de

tout son poids sur des supports espacés, parfaitement rigides, par l'intermédiaire de surfaces glissantes ou roulantes, lesquelles permettront le libre jeu des dilatations, le poids du tuyautage assurant d'autre part la stabilité voulue pour amortir toute tendance à un mouvement pendulaire.

2° *Service des machines.* — La seule partie de ce service qui intéresse spécialement l'exploitant est l'excitation des alternateurs. Voici ce qu'en dit M. Chevrier :

« Deux solutions sont offertes à l'exploitant : soit l'excitation collective, par un groupe d'unités électrogènes indépendantes, desservant par un réseau commun de distribution l'ensemble des alternateurs de l'usine; soit l'excitation individuelle, par excitatrice solidaire de chaque turbo-alternateur et réservée à son seul emploi.

» Depuis qu'il existe des usines à courant alternatif, ces deux systèmes ont été appliqués et discutés; peut-être dans les installations modernes, la première compte-t-elle plus d'applications que la seconde. Malgré ces références, nous n'hésitons pas à préférer l'excitation individuelle, après expérience faite des deux modes, dans des conditions strictement comparables.

» Notons d'abord ce fait, c'est qu'il n'existe pas, dans une usine centrale, de service plus délicat, plus *immédiatement* essentiel et qu'il y ait par suite plus intérêt à protéger contre toute chance d'accident, que l'excitation. C'est le type du service de *première urgence*, car sa moindre défaillance compromettra instantanément toute la marche. De l'excitation, en effet, dépend *la possibilité, pour l'énergie motrice, d'être transformée en énergie électrique;* elle fournit, pour ainsi dire, le point d'appui au levier sur l'une des extrémités duquel agit la force motrice, tandis que sur l'autre réagit la résistance créée par la demande d'énergie sur le réseau. C'est donc le facteur essentiel de l'équilibre dynamique; que l'excitation vienne à manquer sur l'ensemble des unités génératrices, c'est, en plus de l'extinction, la rupture immédiate et complète de cet équilibre avec ses conséquences : emballement des machines motrices, surpression de la vapeur dans les générateurs, etc.; que le même accident survienne sur un seul des alternateurs actuellement couplés en parallèle, et cet alternateur, brusquement déchargé, compliquera l'accident localisé de la sorte par le fait de se trouver en court-circuit sur les bornes des autres unités génératrices, déterminant la désynchronisation éventuelle de celles-ci, d'où extinction plus ou moins totale, sans préjudice des avaries qui peuvent en résulter pour l'unité en question.

» En résumé, un accident à l'excitation est un des plus graves qui puissent menacer une usine : c'est en même temps l'un des moins faciles à prévenir par la surveillance en cours de marche. On peut dire qu'en cela réside un des points faibles, le plus faible peut-être, de toute usine centrale, car l'excitation tient très littéralement à *un fil*.

» D'où, comme principe général, la nécessité de simplifier les organes, d'éviter toute complication, soit dans les intermédiaires, soit dans les manœuvres, et telle est la raison principale qui nous fait préférer, sous réserve de cas très spéciaux, l'excitation individuelle à l'excitation collective.

» Avec l'excitatrice montée en bout d'arbre, la connexion de ses balais avec les bagues de l'inducteur est directe, et, de ce premier chef, aucun aléa n'est à redouter dans le circuit intermédiaire. Car il ne saurait être question d'intercaler un rhéostat dans ce circuit, quand il est si facile et si immédiat d'agir sur le champ même de l'excitatrice. Il suffit pour cela que celle-ci, *ayant été prévue et établie en conséquence*, soit stable dans toute l'échelle de la variation du voltage aux bornes, entre l'état de pleine charge et celui de la marche à vide, avant couplage. Une dynamo quelconque ne saurait, en général, satisfaire à cette condition, non plus qu'à celle de pouvoir s'amorcer sur un circuit fermé assez peu résistant, mais une excitatrice doit être prévue comme telle et calculée en conséquence.

» Seule sera ramenée au tableau la connexion fermant le circuit à travers le petit rhéostat de champ, cette connexion et ce rhéostat, ainsi que toutes leurs attaches, devant être établis *dans des conditions de solidité à toute épreuve*, en basant leurs dimensions non sur l'intensité du courant qui les traversera, mais sur la seule considération d'une résistance mécanique des plus largement prévues.

» Ce système est, comme on le voit, des plus simples; il en est de même pour les manœuvres. A vrai dire, il supprime toute manœuvre sur les excitatrices, chacune d'elles commençant et finissant son service en même temps que le groupe dont elle fait partie, sans qu'il y ait d'autre appareil à manœuvrer que le rhéostat de champ.

» Avec l'excitation collective, au contraire, dont les unités devront être couplées, au fur et à mesure des besoins, sur les bornes du circuit commun distribuant le courant continu aux alternateurs, ou retirées, il y a place pour les possibilités de fausses manœuvres. Si simples que soient le couplage ou le découplage d'une dynamo à courant continu, l'électricien peut avoir une distraction, et, si la probabilité d'un fait semblable est relativement faible, ceci est compensé et au delà, au point de vue de la sécurité générale, par l'importance d'un accident portant sur la partie la plus vitale de l'installation.

» En second lieu, les unités excitatrices étant en plus petit nombre que les unités principales, acquièrent aussi beaucoup plus d'importance que ces dernières, conformément à une remarque précédente. C'est toujours un danger que de subordonner ainsi la marche de plusieurs machines à celle d'une seule, beaucoup moins puissante. L'éventualité la plus à craindre est de voir un manque d'excitatrices immobiliser, pendant tout le temps nécessaire à la réparation des avaries survenues, plusieurs machines principales.

» A cela, on peut objecter qu'au moins l'excitation collective rend possible les rechanges immédiats, tandis que l'excitation individuelle ne le permet pas. Mais un accident à l'excitatrice d'une unité principale n'immobilisera, momentanément, que cette unité; le lendemain, l'induit ou la bobine inductrice avariés seront remplacés par les rechanges en magasin. De plus, les accidents de

dynamos sont assez rares; le point faible des groupes convertisseurs n'est généralement pas dans la dynamo génératrice, mais bien plutôt dans le moteur.

» Quant aux accidents en cours de marche, on peut admettre qu'une batterie d'accumulateurs, bien installée et bien entretenue, est une garantie de sécurité, sinon absolue, tout au moins assez satisfaisante. Son emploi s'imposera de toute nécessité dans le cas où le courant d'excitation sera généré par des groupes convertisseurs prenant leur énergie motrice aux bornes du tableau et soumis de la sorte à tous les à-coups du réseau. Mais, à ce dernier point de vue, *ce n'est qu'un palliatif* qu'il serait préférable de n'avoir pas besoin d'employer.

» Enfin, la nécessité d'assurer l'indépendance des réglages individuels conduit à intercaler entre chaque inducteur d'alternateur et le circuit général de courant continu un rhéostat devant, dès lors, supporter l'intensité totale du courant d'excitation, et cela presque d'une manière ininterrompue dans la plupart des cas. C'est un appareil encombrant, d'une surveillance et d'un entretien généralement délicats, un foyer de chaleur sujet à avaries, par suite de ruptures intérieures parfois des plus gênantes par les contacts accidentels qu'elles occasionnent, soit entre les diverses parties du circuit, soit entre ce circuit et la masse.

» En résumé, il ne semble pas que l'excitation collective puisse revendiquer, sur l'excitation individuelle, l'avantage d'une sécurité plus grande. Quant à la question économie, il est de toute évidence que, sans parler de l'énergie dissipée en chaleur dans le rhéostat, la transformation directe en courant continu d'une fraction de la puissance motrice de chaque unité principale donnera un rendement supérieur à celui qu'on obtient en engendrant d'abord de l'énergie électrique à laquelle on fait subir ensuite une double transformation dans des groupes convertisseurs. L'avantage économique demeure donc également à l'excitation individuelle. »

3° *Service du tableau de distribution.* — M. Chevrier insiste peu sur ce service, l'évolution accomplie pendant ces dernières années dans l'établissement des tableaux lui paraissant donner toute satisfaction.

Grâce aux transformateurs d'intensité, combinés d'ailleurs avec les transformateurs de tension, tous les appareils de mesure ont pu être placés à une distance quelconque des circuits. La commande à distance des appareils de réglage a donné la même facilité pour les organes de commande. Réduit aux appareils de mesure et à des organes de commande peu encombrants, le tableau moderne de distribution se trouve être d'une extrême simplicité et offre une très grande sécurité par le fait qu'il se trouve éloigné des circuits de grande intensité ou de haute tension en même temps qu'une grande commodité par le fait qu'il peut être placé de manière à dominer toute l'usine, si importante que soit celle-ci.

Les anciens tableaux étaient loin de présenter les mêmes avantages. La commande directe des interrupteurs effectuant les coupures sur le tableau même et la nécessité de placer les ampèremètres et les wattmètres à proximité très immédiate des circuits principaux occasionnèrent le plus souvent une inextricable confusion entre les divers circuits : continu pour l'excitation, alternatif basse tension et alternatif haute tension. Le besoin de dissimuler cette confusion derrière une façade de belle apparence est la principale raison qui justifie, tant bien que mal, et plutôt mal que bien, l'emploi fort illogique par ailleurs des vastes panneaux de marbre ou d'ardoise.

Le seul reproche qu'adresse M. Chevrier aux tableaux modernes est que parfois, dans un but de protection, les points de jonction entre barres collectrices ne sont pas suffisamment accessibles et ne peuvent être surveillés comme il conviendrait pour éviter qu'ils deviennent, par suite de desserrage, des foyers de chaleur intense.

III. Cas des usines de faible utilisation spécifique. — Les considérations qui précèdent se rapportent à une usine de grande puissance, comportant une utilisation moyenne assez élevée pour que, dans l'évaluation du prix de revient du kilowatt-heure, les frais de l'exploitation proprement dite (parmi lesquels les dépenses de combustible et de main-d'œuvre tiennent la première place) l'emportent notablement sur les frais d'intérêt et d'amortissement du capital de premier établissement. Sont-elles encore applicables aux usines qui, n'alimentant que des circuits d'éclairage, utilisent intégralement leur matériel seulement une ou deux heures par jour pendant au plus 3 mois de l'année?

Dans ce dernier cas, il est évident que, les frais de premier établissement grevant fortement le prix de revient de l'unité d'énergie, il convient de diminuer ces frais en restreignant le matériel de rechange autant que possible sans trop nuire à la sécurité. Mais les économies pourront-elles être obtenues en supprimant la manutention mécanique du combustible, l'installation des économiseurs ou celle des surchauffeurs? Il est difficile de se prononcer, car si, par exemple, on supprime les appareils de manutention mécanique, il faudra disposer d'une équipe de chauffeurs suffisante pour satisfaire aux besoins du maximum de consommation, et, comme ce maximum ne dure que fort peu de temps, l'équipe, qu'il est pratiquement impossible de réduire proportionnellement à la consommation, se trouvera fort mal utilisée, d'où une dépense de main-d'œuvre inutile. De même, si l'on supprime les surchauffeurs dans une usine à turbo-moteurs, on risque d'augmenter l'usure des aubages par la vapeur saturée. Ce sont donc des question d'espèce, et, dans chaque cas particulier, les solutions à adopter devront se déduire des conditions locales.

Usine électrique des écluses de Port-à-l'Anglais, sur la Seine. — Le barrage de Port-à-l'Anglais, établi un peu en amont de Paris, comporte deux écluses situées de part et d'autre des ouvrages de retenue et ayant chacune un sas de 180^m de longueur et de 16^m de largeur. La durée d'une éclusée étant de 40 minutes au minimum, on décida en 1903, pour tirer le meilleur parti possible des ouvrages et pour accélérer le passage des convois, d'installer une petite usine génératrice électrique assurant l'éclairage et fournissant la force motrice nécessaire aux manœuvres.

D'après une description de M. Imbs, publiée récemment dans les *Annales des Ponts et Chaussées* (3e fasc., 1909), l'énergie est fournie par une turbine de 10 chevaux contenue dans un puits de 1m,60 de diamètre et établie en 1901-1902 au cours de la construction de l'écluse de rive droite pour la manœuvre hydraulique de la porte amont de l'écluse. L'usine, d'une superficie de 54m², est située au-dessus de la turbine.

La durée totale d'une éclusée a pu être réduite, grâce au concours de l'électricité, à 27 minutes. Toutefois, comme la puissance de la turbine ne suffit pas toujours à la consommation, on fait usage, comme appoint, du courant triphasé fourni par l'usine d'Alfortville de la Compagnie Est-Lumière.

Usine génératrice hydraulique pour électrométallurgie de Loch Leven (Écosse) (*Engineering Record,* 1er mai 1909). — Cette usine, installée par la British Aluminium C°, est destinée à fournir le courant nécessaire à la fabrication de l'aluminium par le procédé Héroult.

Un barrage en maçonnerie de 26m,60 de hauteur, dit de Blackwater retient les eaux dans la vallée à un niveau égal à 325m au-dessus de l'usine de Loch Leven; les vannes du barrage permettent la décharge de ce réservoir dans un grand aqueduc en ciment armé construit sur une longueur de 5km,500, avec une pente de $\frac{1}{1000}$, et qui se termine par six conduites parallèles en acier doux de 1m de diamètre (deux en plus sont prévues), lesquelles aboutissent aux turbines motrices avec une chute utile de 271m.

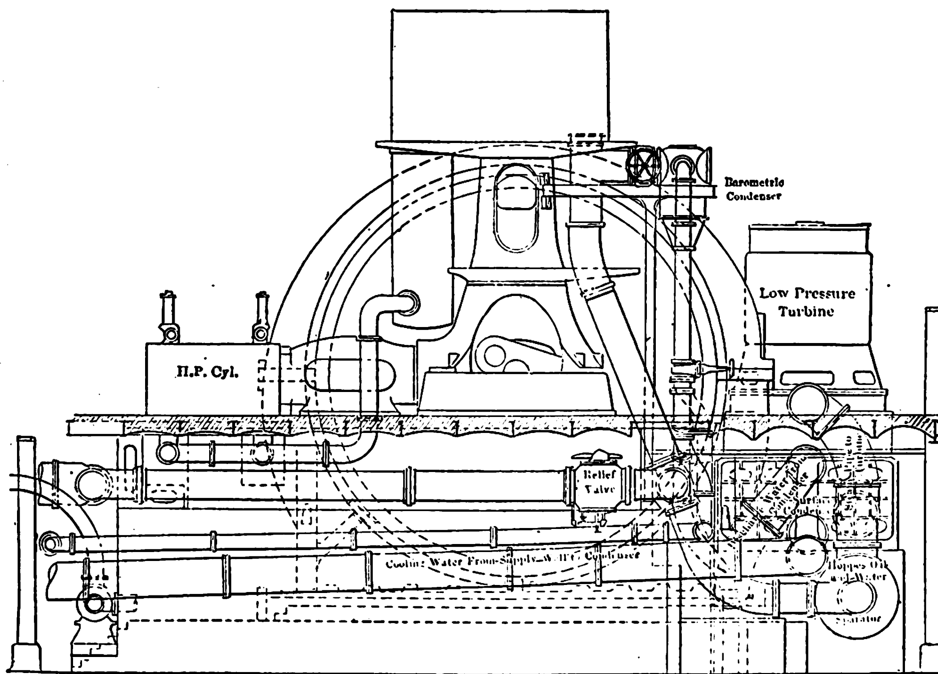
La station de Loch Leven comporte neuf turbines de 3200 chevaux actionnant des génératrices jumelles faisant 300 tours par minute et donnant chacune 1000 kilowatts sous 250 à 275 volts. La presque totalité du courant est absorbée par les fours électriques établis au voisinage immédiat de la station.

A proximité de la station de Loch Leven a été fondé un village pour 1500 ouvriers et leurs familles.

Les travaux ont nécessité des installations temporaires importantes : câbles aériens, chemins de fer à voie étroite, usine hydro-électrique pour la production de la force nécessaire aux divers mouvements et du courant d'alimentation d'une fonderie provisoire d'aluminium.

La dépense totale s'est élevée à 37 500 000fr.

Nouvelles installations de l'usine génératrice de la Interborough Rapid Transit C°, de New-York (*Electric Railway Journal*, t. XXXIV, 14 août 1909, p. 257). — L'usine génératrice, édifiée par cette compagnie il y a 7 ou 8 ans entre Fifty-ninth street et



Eleventh avenue, fut pendant quelques années considérée comme un modèle tant par la puissance de ses groupes électrogènes que par l'ensemble des dispositions prises pour rendre l'exploitation aussi commode et aussi économique que possible. La puissance des groupes électrogènes qu'elle renferme est en effet de 5000 kilowatts, puissance qui n'avait pas encore été atteinte lors de la construction de l'usine, et les dispositifs les plus modernes avaient été utilisés pour l'amenée du combustible et l'enlèvement des escarbilles, l'alimentation en eau des chaudières, la circulation de l'eau de condensation, etc.

Actuellement l'usine contient neuf de ces groupes électrogènes, formés chacun d'une machine Allis-Chalmers compound avec cylindre à haute pression horizontal et cylindre à basse pression vertical et d'un alternateur Westinghouse fournissant des courants triphasés à 11 000 volts, 25 p : s. Trois groupes électrogènes à turbine Westinghouse-Parsons, d'une puissance individuelle de 1250 kilowatts, complètent l'installation existant jusqu'à l'an dernier.

Récemment on a installé une turbine Curtis de 5000 kilowatts présentant cette particularité d'être alimentée par la vapeur d'échappement d'un des groupes électrogènes à cylindres. Cette turbine est installée derrière ce groupe et reçoit la vapeur par un tuyau de 75^{cm} de diamètre qui auparavant servait à conduire la vapeur au condenseur à mélange de la machine à pistons; sur le trajet de cette canalisation on a placé un séparateur d'huile, de manière que la vapeur arrive à la turbine exempte de matières grasses et que l'eau recueillie dans le condenseur à surface de la chaudière puisse être utilisée pour l'alimentation des chaudières.

MOTEURS THERMIQUES.

Sur l'emploi du charbon pulvérisé. — La combustion du charbon pulvérisé peut s'effectuer dans de bien meilleures conditions que celle du charbon en morceaux, car on peut régler exactement la quantité d'air nécessaire à la combustion et atteindre ainsi des températures élevées. Le charbon pulvérisé présente sur le gaz l'avantage d'éviter la perte de chaleur qui se produit au gazogène pendant la transformation du carbone en oxyde de carbone. Il permet en outre d'obtenir des flammes très longues, de 18^{m} de longueur par exemple.

L'introduction du charbon se fait au moyen d'injecteurs de forme analogue à celle des injecteurs d'eau d'alimentation de chaudières par la vapeur sous pression : de l'air plus ou moins comprimé est envoyé dans des tuyères munies d'orifices dans lesquels tombe le charbon en poudre amené par des transporteurs.

Les combustibles qui se prêtent le mieux à ce mode de combustion sont ceux qui ont une grande teneur en matières volatiles, comme les lignites; on peut également employer des combustibles gras ne pouvant pas servir dans les gazogènes ordinaires; enfin, et c'est un des grands avantages de ce procédé de chauffage, on peut utiliser de cette façon des poussières quelconques de charbon qui ne pourraient pas être employées directement d'une autre manière.

L'objection la plus importante qu'on peut faire à ce procédé est le danger d'explosion : il peut se faire accidentellement un mélange explosif d'air et de poussières dans certains locaux. Il est cependant facile d'éviter les conditions favorables à la formation d'un pareil mélange par la ventilation des locaux, le lavage des parois et enfin par l'humidification au moyen de jets d'eau ou de vapeur.

Les cendres des combustibles sont rarement gênantes, car, le plus souvent, elles sont en majeure partie entraînées en dehors des fours par les gaz de la combustion; on peut dès lors utiliser des combustibles de faible valeur à forte teneur en cendres.

Résultat d'essais d'une demi-fixe Wolf de 100 chevaux. — D'après une communication que nous adressent les constructeurs, M. Hilliger, ingénieur en chef de l'Association des propriétaires de machines à vapeur de Berlin, a obtenu, dans des essais effectués sur une locomobile Wolf de 100 chevaux, une consommation de 404^{g} de charbon par cheval-heure au frein.

Une machine du même type que celle soumise aux essais, mais de plus faible puissance, est actuellement exposée à Nancy en même temps qu'une demi-fixe d'un autre type, monocylindrique sans condensation, d'une puissance de 18 à 30 chevaux.

La première machine est tandem, avec condensation et surchauffe, d'une puissance de 44 à 85 chevaux. La chaudière est à faisceau tubulaire amovible, du modèle innové par la maison Wolf. Le surchauffeur se compose de plusieurs serpentins montés en série dans le prolongement immédiat du faisceau tubulaire, à l'intérieur de la boîte à fumée. Il y a, outre ce surchauffeur principal, un second surchauffeur dit *intermédiaire*, également logé dans la boîte à fumée; ce surchauffeur intermédiaire reçoit la vapeur sortant du cylindre à haute pression et la chauffe encore avant qu'elle pénètre dans le cylindre à basse pression. Au point de vue constructif, cette disposition est très simple; elle assure en outre une utilisation thermique extraordinaire. Le cylindre à basse pression est logé dans le dôme à vapeur et chauffé directement par la vapeur vive. Le cylindre à haute pression se trouve dans la boîte à fumée agrandie et est baigné par les gaz de fumée qui s'échappent, d'où résulte également un très efficace et fort économique chauffage du cylindre. La distribution des cylindres se fait par un tiroir cylindrique simple, entièrement équilibré, à admission intérieure, pourvu de segments-ressorts. Une expérience de plusieurs dizaines d'années dans l'emploi des mi-fixes Wolf a prouvé que pour les mi-fixes à surchauffe ce tiroir cylindrique est non seulement le plus simple et le plus durable, mais également le plus économique. La course du tiroir cylindrique du cylindre à haute pression est réglée par un régulateur axial très sensible et travaillant d'une façon rapide et sûre d'après la charge à vaincre par la machine. Les paliers de l'arbre coudé, pourvus de graissage par chaînes, sont fixés sur une large semelle embrassant une grande partie du corps de la chaudière. De cette manière, l'arbre coudé est logé très solidement et peut résister à tous les efforts de traction et de compression. Le volant monté en porte-à-faux est suffisamment lourd pour assurer une marche parfaitement douce de la machine; en règle générale, il sert en même temps de poulie de prise de force motrice. Le condenseur à injection est solidement relié au bâti. La pompe à air, disposée verticale, est actionnée par un excentrique monté sur l'arbre coudé. Dans la conduite à vapeur est intercalée une vanne de direction, entre le cylindre à basse pression et le condenseur, pour permettre éventuellement le travail avec échappement libre.

Sur la consommation pratique des locomobiles à vapeur modernes et des moteurs Diesel, par E. HOELTJE (*Zeits.* des *Ver. deutsch. Ing.*, 15 mai 1909). — Les perfectionnements apportés dans ces dernières années dans la construction des locomobiles ont rendu ces machines très économiques même pour de faibles puissances. D'autre part, les moteurs à combustion interne et particulièrement les moteurs Diesel dans les pays où les droits sur les huiles de pétrole ne sont pas prohibitifs permettent aussi d'obtenir à très bon compte la force motrice. Dès lors, on rencontre très fréquemment ces deux genres de moteurs, locomobiles et moteurs Diesel, dans les installations électriques de faible puissance, le choix étant déterminé d'après les garanties fournies par les constructeurs en se basant sur les résultats d'essais de consommation. Mais on sait combien la consommation pratique rapportée à l'unité d'énergie d'un moteur peut varier suivant la nature du service qui lui est demandé, la consommation pouvant atteindre le double de celle constatée aux essais lorsque les variations de la puissance sont rapides et importantes. Aussi est-il intéressant de savoir quelle est la consommation réelle en marche normale des locomobiles et des moteurs Diesel.

C'est cette recherche qu'a entreprise M. Hoeltje. A cet effet, il a rassemblé toutes les données statistiques qu'il a pu obtenir, sur les petites usines électriques de 300 chevaux au plus fonctionnant en Allemagne, et a comparé les chiffres moyens de dépenses de combustible, tels qu'ils résultent des comptes de ces stations, aux chiffres garantis aux essais.

Il trouve qu'en moyenne les chiffres garantis pour les locomobiles à vapeur sont dépassés de 100 pour 100, ce qui est encore relativement peu, si l'on tient compte de la faible puissance des moteurs considérés et des chiffres de consommation garantis. Pour les moteurs Diesel, les chiffres garantis sont dépassés, en moyenne, de 14 pour 100 seulement. Ces derniers moteurs seraient donc, de toute façon, les plus avantageux, puisque les chiffres garantis sont très inférieurs à ceux des moteurs à vapeur et qu'ils sont, en outre, beaucoup moins dépassés en service normal. De plus, le rendement économique de ces moteurs est beaucoup moins influencé par l'habileté professionnelle de l'ouvrier chargé de leur conduite, que celui d'un moteur à vapeur et de sa chaudière.

Moteur à pétrole brut, système Blackstone (*Engineering*, t. LXXXVII, 4 juin 1909). — Ce moteur, du type à combustion et à quatre temps, développe 35 chevaux à 240 tours par minute, avec un cylindre de 270^{mm} d'alésage et de 460^{mm} de course.

Le pétrole brut est projeté dans son cylindre au moyen d'air comprimé et y débouche dans une atmosphère d'air également comprimé, mais à une pression moindre. Cet air est insuffisamment chaud pour pouvoir produire l'allumage automatique. L'allumage est obtenu par un dispositif spécial : le pétrole pulvérisé est refoulé dans le cylindre en partie directement, en partie à travers une petite chambre en forme de ballon, maintenue au rouge par la chaleur que dégage le moteur. Cette dernière partie du pétrole pulvérisé prend feu dans cette chambre, et allume, en arrivant à son contact, le reste du carburant, qui brûle sans exploser pendant la première partie de la période de détente.

Ce moteur, décrit en détail dans l'article, a, paraît-il, donné d'excellents résultats en service. Le réglage de la puissance développée s'obtient par modification du débit de l'ajutage d'injection de pétrole, qui est disposé de façon à maintenir constante à toutes les charges la quantité de carburant traversant le ballon d'allumage.

DIVERS.

Déshydratation des huiles pour transformateurs. — Divers procédés ont été préconisés pour dessécher les huiles employées pour l'isolement des transformateurs. Un nouveau procédé vient d'être proposé.

Ce procédé consiste à mettre l'huile qu'on veut dessécher en contact avec du sodium : ce métal réagit sur l'eau pour donner de l'hydrogène qui se dégage et de la soude qui tombe au fond de l'huile. On commence par ajouter le sodium par petites quantités à raison d'environ 25^{g} de sodium par 100^{l} d'huile jusqu'à ce qu'une nouvelle addition de sodium ne donne plus de dégagement d'hydrogène. La quantité de sodium nécessaire dépend naturellement du degré d'humidité de l'huile, mais d'ordinaire 500^{g} de sodium par 100^{l} d'huile sont plus que suffisants. On brasse ensuite l'huile trois ou quatre fois par jour et chaque fois durant 1 minute. Au bout de quelques jours on peut utiliser l'huile; mais il convient d'en retarder l'emploi autant qu'il est possible, car plus l'huile traitée demeure longtemps audessus de la soude qui s'est formée au fond du récipient, plus sa résistance d'isolement est augmentée.

Le procédé peut d'ailleurs s'appliquer à l'huile contenue dans les bacs de transformateurs en service. Dans ce cas le sodium est fondu, puis coulé sous forme de bâtonnets; ces bâtonnets sont attachés à des fils de fer, puis plongés dans l'huile.

TRANSMISSION ET DISTRIBUTION.

CANALISATIONS.

Isolation type condensateur pour arrivées d'appareils à haute tension, par A.-B. REYNDERS. Communication présentée à l'American Institute of Electrical Engineers, le 9 avril 1909 (*Proceedings of the A. I. E. E.*, t. XXVIII, mars 1909, p. 233-244). — Dans la construction des appareils à très haute tension, la difficulté la plus grande est le passage des conducteurs d'arrivée à travers l'enveloppe, généralement métallique. Deux dangers sont à craindre, comme dans les extrémités de câbles : rupture de l'isolant entre le conducteur et la masse, et dérivations superficielles entre l'extrémité du conducteur et la masse.

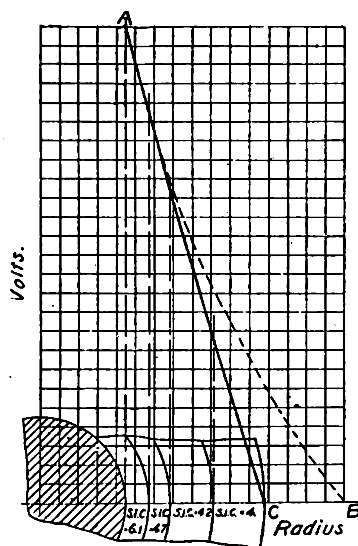


Fig. 1.

Dans un Mémoire présenté au Congrès international de Saint-Louis en 1904 [1], Jona a proposé de superposer plusieurs couches d'isolants différents, dont les pouvoirs inducteurs spécifiques décroîtraient de la zone centrale à la zone extérieure. On peut réaliser ainsi un gradient de potentiel en ligne droite AC, tandis qu'avec un diélectrique homogène le gradient de potentiel est représenté par une courbe AB (*fig.* 1). Avec un gradient en ligne droite, le diélectrique se trouve dans les conditions les plus favorables possibles; on peut ainsi éliminer pratiquement le danger de rupture.

Pour éviter à la fois la rupture et les dérivations superficielles, la méthode suivante a été proposée par Ryan, Smith et d'autres auteurs. Au moyen de lames métalliques, on partage le diélectrique en une série de condensateurs de capacités données. On sait en effet que, si l'on applique une tension quelconque à des condensateurs reliés en série, elle se partage entre eux dans le rapport inverse des capacités. L'arrivée à haute tension est donc formée, d'après ce principe, d'une tige centrale conduisant le courant, entourée de cylindres concentriques alternativement d'isolant et de métal dont les extrémités sont taillées en échelons (*fig.* 2). Le gradient de potentiel à travers le diélectrique est ainsi une ligne droite comme dans le système précédent, et en outre les extrémités des couches métalliques répartissent régulièrement les différences de potentiel à la surface et permettent de les maintenir dans des limites sûres. C'est ce qu'on peut appeler une arrivée *type condensateur*.

L'application de ce principe présente quelques difficultés. Pour obtenir le rendement maximum de l'isolant, il faut que chacune de ses parties soit soumise à une tension proportionnelle à sa rigidité électrostatique; il faut aussi, si l'on n'emploie qu'un isolant d'une seule sorte, qu'il soit soumis en chaque point à la même tension. Ceci exige que, dans une série de condensateurs formés d'un même diélectrique, la capacité soit la même pour tous. Or la capacité d'un condensateur cylindrique est donnée par la formule

$$C = \frac{kl}{2 \log \frac{r_2}{r_1}},$$

où C désigne la capacité en unités électrostatiques, k la capacité inductive spécifique du diélectrique, l la longueur des armatures cylindriques en centimètres,

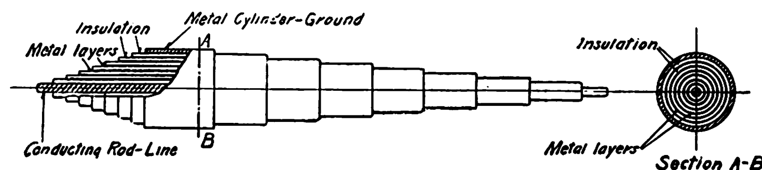


Fig. 2.

[1] Voir *La Revue électrique*, t. II, 30 décembre 1904, p. 359.

r_1 et r_2 les rayons des armatures intérieure et extérieure. On a donc trois moyens de modifier la capacité : faire varier l'épaisseur de l'isolant, la longueur des armatures ou la capacité inductive spécifique de l'isolant.

Si, pour obtenir des capacités égales, on fait varier la distance entre armatures, certaines couches d'isolant seront plus épaisses qu'il n'est utile ; il y aura donc gaspillage de matière. Si l'on emploie le second moyen (variation de la longueur des armatures), on obtiendra des capacités égales pour tous les condensateurs en égalisant pour toutes les armatures le produit de la longueur par le diamètre. Mais les diamètres des couches adjacentes deviennent presque égaux à mesure que le diamètre croît, et, si l'épaisseur de l'isolant est maintenue constante, les extrémités des couches voisines se rapprochent beaucoup les unes des autres et les fuites superficielles sont à craindre. Pour les éviter, le mode de construction le plus économique consiste à donner aux échelons des longueurs égales et à leur appliquer des tensions égales. On ne peut arriver à cela en faisant varier les surfaces d'armature seulement, ainsi que le montre la figure 3. Dans cette figure, les parties ombrées indiquent comment on doit tailler les extrémités des armatures pour obtenir des surfaces égales, tandis que les traits pleins indiquent comment on doit les tailler pour réaliser des échelons égaux. Le meilleur compromis consiste à donner des surfaces égales à l'armature centrale (la plus voisine de l'âme du câble) et à l'armature externe et à laisser des surfaces différentes aux autres armatures. Il s'ensuit que les efforts de rupture sont maxima sur les parties interne et externe et décroissent vers le milieu de l'épaisseur de l'isolant. C'est ce qu'indique la figure 3.

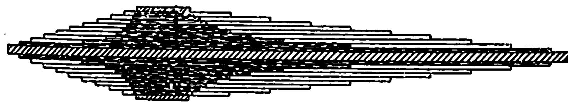


Fig. 3.

Les différences de capacité inductive spécifique des divers isolants donnent un troisième moyen d'obtenir des capacités égales. Malheureusement ces différences sont faibles pour les isolants qui conviennent au cas actuel. Néanmoins, en combinant cette troisième ressource avec la disposition qu'on vient d'indiquer on pourra obtenir des distances égales et des voltages égaux entre les échelons, ce qui donnera le rendement maximum aux matériaux employés.

Il se produit un phénomène perturbateur dont il faut tenir compte, surtout aux tensions très élevées : c'est la capacité de chaque armature métallique par rapport au sol. La figure 4 montre ce que peut être le champ statique autour d'une arrivée type condensateur dans les conditions de service. La figure 5 est un schéma dans lequel les condensateurs A-X, B-X, etc., en parallèle avec les diverses portions de la série principale de condensateurs, remplacent les fuites indiquées par les lignes pointillées de la figure 4.

Ainsi les armatures A et B, avec la lame isolante qui les sépare, forment un condensateur qu'on appellera condensateur A-B. En outre, l'armature A et l'armature externe X mise à la terre, avec l'air ou l'huile qui les sépare, forment un condensateur qui est en parallèle avec la série des autres. Le seul effet de ce condensateur est de produire des effluves à la surface de la tige

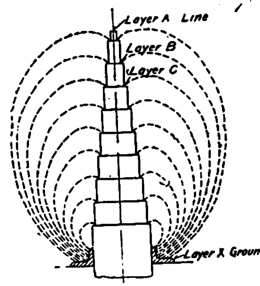


Fig. 4.

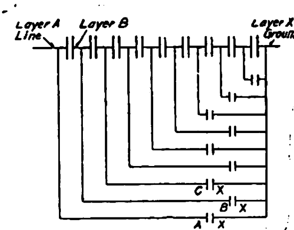


Fig. 5.

centrale, si la tension par rapport au sol est assez grande. Pour réduire ces effluves au minimum, il ne faut laisser subsister aucun angle vif, comme on le dira plus loin.

De même l'armature B et l'armature X mise au sol forment avec le milieu diélectrique interposé un condensateur B-X qui est en série avec le condensateur A-B et en parallèle avec le reste de la série, et ainsi de suite. Le résultat de ces capacités dues aux fuites est de décroître la capacité apparente des condensateurs A-B, B-C, etc., situés du côté de la ligne, et d'augmenter les capacités des condensateurs les plus voisins du sol. Pour tenir compte de cet effet dans le calcul des efforts de rupture, il faut majorer ceux qui s'exercent au voisinage du sol par rapport à ceux qui s'exercent au voisinage de la ligne. Le taux de cette majoration sera déterminé par l'expérience.

Les arrivées de ce genre se fabriqueront en enroulant sur un tube métallique du papier et du mica, ou du papier seulement, dont on fera adhérer les couches par du shellac par exemple. A chaque accroissement déterminé du diamètre, par exemple $1^{mm},6$ ($\frac{1}{16}$ de pouce), on intercalera dans l'enroulement une feuille de clinquant. Il faut avoir soin de donner aux diamètres les valeurs exactes qu'ils doivent avoir, surtout quand l'épaisseur de l'isolant est faible ; il ne faut pas laisser de vides et le papier ne doit pas faire de plis. Quand l'enroulement est terminé, on place le tube sur un tour mécanique ordinaire et l'on taille les bouts en forme de cône à échelons ; la longueur de la partie conique sera plus ou moins grande suivant qu'elle devra être plongée dans l'huile ou dans l'air. Il faut veiller à ce que l'outil du tour ne pénètre pas dans l'isolant en perçant la feuille de clinquant, les couches concentriques d'isolant n'étant pas des cylindres bien réguliers. On traite ensuite toute la surface par un vernis isolant quelconque, pour empêcher l'absorption d'huile ou d'humidité.

Il reste encore un point faible : les bords des feuilles de clinquant sont minces, et la différence de potentiel qui existe entre ces bords et le sol peut être assez éle-

vée pour donner lieu à des effluves dans le milieu environnant. Si ce milieu est l'air, les effluves produiront de l'acide nitrique ou de l'ozone, qui détérioreront l'isolant. On n'a pas constaté jusqu'ici d'effets nuisibles venant des effluves dans l'huile.

Si l'on taillait les extrémités en forme de cône régulier, au lieu de les tailler en cône à échelons, les bords des feuilles de clinquant seraient réduits à une épaisseur bien plus faible encore que celle des feuilles, qui n'est déjà que de $0^{mm},1$ environ (0,0045 pouce), et les effluves seraient bien plus fortes. De plus, en opérant ainsi, on constaterait que la distance entre les bords des feuilles de clinquant successives n'est pas régulière, les couches d'isolant ne pouvant pas être parfaitement cylindriques. C'est pour ces raisons que les extrémités sont toujours taillées en cônes à échelons. Mais, même avec ce dispositif, on constate que pour des voltages très élevés, 250000 volts et au-dessus, les bords des feuilles de clinquant sont assez minces pour donner lieu à des effluves. Le remède consiste à rendre le rayon de ces bords assez grand pour que la tension statique superficielle y soit suffisamment réduite. On y arrive en adaptant des anneaux métalliques de diamètre convenable aux bords des feuilles de clinquant, comme le montre la figure 6. De plus, en munissant l'extrémité de la tige centrale d'une cloche métallique de grand diamètre, on diminue les effluves venant de cette tige et aussi celles des premières feuilles métalliques, pour lesquelles la cloche forme écran.

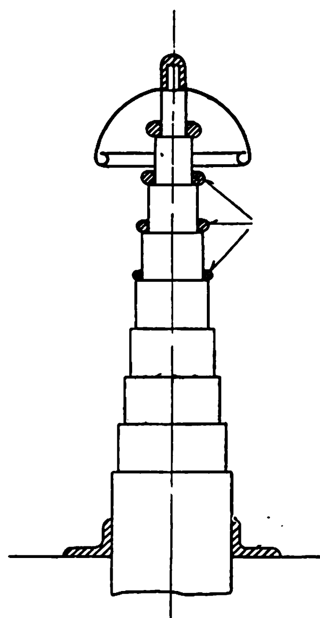


Fig. 6.

On a comparé au point de vue de la rupture deux arrivées de mêmes dimensions et formées du même isolant : dans l'une l'isolant était, comme d'ordinaire, d'une seule masse, l'autre était une arrivée type condensateur. La rupture s'est produite à 110000 volts pour la première, à 225000 volts pour la seconde.

On pourrait employer ce mode d'isolement non seulement pour les entrées d'un transformateur, mais aussi pour le transformateur lui-même, si l'isolant y est disposé sous forme de cylindres concentriques. Mais l'efficacité de cette disposition devient d'autant moindre que les rayons des couches successives sont moins différents les uns des autres. Si l'on emploie l'isolement type condensateur en forme de tube entre le primaire et le secondaire ou entre le primaire et le sol, et si les armatures métalliques intercalées dans le tube sont reliées électriquement aux points de même potentiel dans l'enroulement du transformateur, les efforts de rupture se trouvent répartis d'une manière invariable dans le diélectrique, et en outre les condensateurs contribuent à annuler l'effet des surtensions produites par les perturbations extérieures. Il est probable qu'en employant ces dispositions pour l'isolement du transformateur et de ses arrivées, on pourrait construire industriellement des transformateurs jusqu'à 500000 volts.

Les arrivées type condensateur peuvent aussi s'employer pour les appareils installés en plein air. Dans ce cas, on fait au mode de construction décrit plus haut la seule modification suivante : on place à l'extrémité de chaque feuille métallique, et en contact électrique avec elle, une cloche métallique et l'on recouvre la surface du câble, entre les cloches, par des cylindres de porcelaine ou d'une matière analogue. L'ensemble a l'aspect représenté dans la figure 7. Dans un essai sous une pluie très violente, projetée horizontalement à certains moments, cette arrivée n'a claqué qu'à 200000 volts.

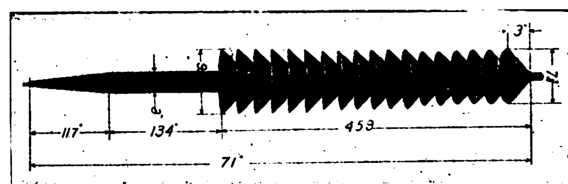


Fig. 7.

P. L.

APPLICATIONS MÉCANIQUES.

MACHINERIE SIDÉRURGIQUE.

Applications de la force motrice électrique aux aciéries de la Indiana Steel Company, par B.-R. SHOVER. Communication présentée à l'American Institute of Electrical Engineers, le 12 mars 1909 (*Proceedings of the A. I. E. E.*, t. XXVIII, mars 1909, p. 185-230). — Cette nouvelle usine sidérurgique est installée au bord sud extrême du lac Michigan; elle est encore inachevée, mais fonctionne déjà en partie. Sa situation est très favorable au point de vue des transports par eau et par voie ferrée. On a cherché à y réaliser la plus grande économie d'exploitation, d'une part au moyen de la manutention mécanique des matériaux, d'autre part en employant les gaz des hauts fourneaux à produire de l'énergie électrique qu'on utilise partout où c'est possible.

Les huit hauts fourneaux, produisant 3600 tonnes de fonte par 24 heures, fourniront ensemble 636000$^{m^3}$ (22450000 pieds cubes) de gaz par heure. Les fours, les machines soufflantes, les chaudières des quelques machines à vapeur de secours en consomment une partie; il en reste 45 pour 100, soit 283000$^{m^3}$ par heure pour la production de l'énergie.

Si l'on évalue le pouvoir calorifique de ce gaz à 800^{cal} par mètre cube (90 B. T. U. par pied cube) et si l'on obtient le cheval-heure avec 2520^{cal} (10000 B. T. U.) dans les moteurs à gaz, cette quantité de gaz équivaut à 90000 chevaux-heure.

On a installé deux usines génératrices contenant ensemble 17 moteurs à gaz de 3000 chevaux chacun, pouvant supporter une surcharge d'environ 50 pour 100. On n'utilisera donc que 50 pour 100 environ de la puissance disponible calculée; il a été tenu compte de ce que les hauts fourneaux ne seront pas tous continuellement en activité et de ce que certains troubles de fonctionnement pourront resteindre la quantité de gaz. Ces moteurs à gaz sont des machines compound tandem horizontales, à double effet, marchant à 83,5 tours par minute. Quinze d'entre eux actionnent des alternateurs de 2000 kilowatts, les deux autres actionnent des dynamos à courant continu de 2000 kilowatts. Il y a aussi deux turbo-alternateurs de 2000 kilowatts. Deux batteries d'accumulateurs, pouvant fournir chacune 4320 ampères sous 250 volts, sont destinées à amortir les fluctuations de charge.

Il y a trois sous-stations : la sous-station n° 1, installée dans le bâtiment des laminoirs à rails, comprend quatre groupes moteurs-génératrices de 500 kilowatts. Elle alimente tous les moteurs à courant continu des ateliers et des laminoirs. Les sous-stations n°s 2 et 3 ont chacune deux unités de 500 kilowatts; elles fournissent le courant aux déchargeurs et aux transporteurs de minerai.

L'énergie fournie par les deux groupes électrogènes à courant continu de 2000 kilowatts de l'usine génératrice alimente les moteurs appliqués au service des hauts fourneaux et des fours Siemens.

L'aciérie comprend de nombreux ateliers équipés en vue d'effectuer les réparations nécessaires au matériel, de sorte qu'on n'achète que très peu de produits fabriqués au dehors. Le service de ces ateliers emploie au total 2440 chevaux de force motrice.

On va décrire sommairement l'installation en suivant l'ordre des opérations qui transforment le minerai en rails.

Cinq déchargeurs, installés au bord du lac, puisent le minerai dans les bateaux qui l'apportent. Chacun d'eux a une capacité de 10 tonnes et est mû par six moteurs de 25 à 150 chevaux, les uns à excitation série, les autres à excitation compound. Le minerai est déposé par les déchargeurs dans un immense caniveau en béton, d'où il est retiré par les transporteurs, aussi au nombre de cinq. Ces transporteurs sont des grues roulantes à double console du type dit *cantilever;* elles peuvent enlever 13 tonnes de minerai, outre le poids de la benne. Le levage de la charge est effectué par quatre moteurs de 80 chevaux, la translation du chariot par quatre moteurs de 40 chevaux et le roulement de la grue par quatre moteurs de 30 chevaux, tous à excitation série.

Près de la rangée des hauts fourneaux est érigée une longue construction d'acier en forme de tréteaux, qui contient les bennes de minerai, de coke et de castine. Les transporteurs de minerai déposent leur contenu dans un chariot de 45 tonnes de capacité, mû par deux moteurs de 50 chevaux, qui transporte à son tour le minerai à la benne convenable. Sous les bennes sont des plates-formes roulantes, mues par un moteur série de 21 chevaux et portant un autre moteur semblable pour ouvrir et fermer la porte des bennes. Ces plates-formes servent à retirer des bennes le minerai, le coke et la castine en quantités convenables et à les déverser dans le wagonnet du haut fourneau. Ce wagonnet est actionné par un moteur compound de 150 chevaux; on n'a qu'à le mettre en marche, après quoi l'accélération, la course, le ralentissement et l'arrêt sont entièrement automatiques. Son trajet total jusqu'au gueulard du haut fourneau est de 50^{m}, avec une inclinaison de 60° sur l'horizon. Les charges qu'il porte sont à peu près les suivantes :

	kg
Minerai	3200
Coke	1600
Castine	2700

Malgré la variabilité des charges, le wagonnet s'arrête toujours automatiquement à la même place, à 10^{cm} près.

Il existe une installation mécanique pour la coulée de la fonte, qui fonctionne seulement le dimanche, les fours Siemens n'étant pas en activité ce jour-là. Elle comprend deux grues à poche de coulée de 75 tonnes,

six rangées de lingotières et de transporteurs. Les lingotières sont manœuvrées et transportées par des moteurs asynchrones de 40 et de 30 chevaux.

Les fours Siemens sont d'une capacité de 60 tonnes. La fonte venant des hauts fourneaux est versée dans un mélangeur de 300 tonnes par une grue à poche de coulée de 75 tonnes. Du mélangeur, le métal est transporté en face des fours par un chariot mû par deux moteurs série de 25 chevaux. Une autre grue de 75 tonnes enlève la poche ainsi transportée et en verse le contenu dans les fours.

Pour la manutention des déchets de fer nécessaires à la charge des fours, on emploie des électro-aimants pouvant enlever 450^{kg} à 900^{kg} de débris, ou 4500^{kg} en grandes pièces. On entasse ainsi ces débris dans des caissons dont un enfourneur introduit le contenu dans les fours. Les diverses manœuvres de cet enfourneur sont effectuées par des moteurs série.

La manutention de l'acier se fait par trois grues de 125 tonnes dont l'équipement électrique est celui-ci : levée principale, 110 chevaux; première levée auxiliaire, 50 chevaux ; seconde levée auxiliaire, 30 chevaux; roulement principal, 30 chevaux; roulement auxiliaire, 11 chevaux; translation du chariot, deux moteurs de 50 chevaux. Les combinateurs de tous ces moteurs sont du type ordinaire avec levier à main, excepté pour la levée principale, qui est à commande automatique par électro-aimant, ainsi que pour toutes les autres grues à poche de coulée.

Pour les gazogènes qui alimentent les fours, le broyage et la manutention du charbon se font aussi électriquement.

Dans les puits à recuire sont trois grues à lingots de $7^t,5$, dont chacune a une levée auxiliaire de 5 tonnes à grande vitesse pour la réparation des puits. L'équipement électrique est celui-ci : levée principale, 50 chevaux; levée auxiliaire, 30 chevaux; roulement de la grue, 7,5 chevaux ; translation du chariot, deux moteurs de 50 chevaux; rotation et ouverture des tenailles, 5 chevaux. Du puits à recuire à la première table des laminoirs, les lingots sont transportés par deux wagonnets.

Dans les laminoirs proprement dits il y a 21 tables et deux transporteurs transversaux, tous à commande magnétique automatique. Les tables marchant constamment sont munies de moteurs compound ; celles qui sont soumises à des renversements de marche ou à des démarrages fréquents sont munies de moteurs série.

On peut citer, comme exemple de commande automatique auxiliaire, celle de la table élévatrice du laminoir trio blooming de 102^{cm}. Cette table a un poids total de 116000^{kg}, en partie équilibré par un cylindre à air comprimé. Elle s'élève ou s'abaisse de 102^{cm} en 3 secondes. Son moteur est de 250 chevaux (courant continu, 250 volts, 100 tours par minute, excitation compound). Sa commande, comme pour les autres moteurs de tables, est entièrement automatique; le mécanicien n'a qu'à mettre le levier de son combinateur principal à la position hausse ou baisse; l'accélération, la marche, le ralentissement et l'arrêt s'effectuant automatiquement.

Les scies à chaud, au nombre de cinq, sont commandées individuellement par des moteurs d'induction de 40 chevaux, marchant à 750 tours. Les scies ont 102^{cm} de diamètre et tournent à 1440 tours. Toutes les cinq sont élevées et abaissées à la fois par un arbre à manivelles mû par un moteur compound de 25 chevaux. La commande est analogue à celle de la table élévatrice : par une seule manœuvre du levier, les scies s'abaissent, coupent le rail et se relèvent, puis s'arrêtent automatiquement.

Après avoir passé au courbeur, les rails sont transportés par des tables à l'atelier de finissage. Les presses dresseuses, au nombre de 18, sont mues par des moteurs d'induction de 10 chevaux, à rotor de forte résistance, marchant à 750 tours. Les perceuses sont mues par des moteurs d'induction de 10 chevaux à rotor ordinaire en cage d'écureuil.

Tous les moteurs d'induction de l'atelier de finissage sont du type normal et commandés par un interrupteur tripolaire à deux directions relié à une distribution à cinq fils. Les deux fils supplémentaires sont des prises de courant venant des transformateurs principaux; ils fournissent une faible tension pour le démarrage.

La scie à froid est une scie à dents de 106^{cm} de diamètre, tournant à 1800 tours par minute et actionnée par un moteur d'induction de 100 chevaux, dont la vitesse est de 750 tours. Cette scie peut couper un rail de 38^{kg} au mètre en 22 secondes.

Moteurs actionnant les laminoirs. — Il y a quelque temps qu'on emploie des moteurs électriques à la commande des laminoirs, mais ceux de l'installation ici décrite sont plusieurs fois plus puissants qu'aucun moteur du même type construit jusqu'ici. Leur application à cet usage marque une ère nouvelle dans les emplois industriels de l'électricité; il est donc utile de donner sur eux quelques renseignements sommaires.

Les principaux cylindres des laminoirs sont actionnés par six moteurs asynchrones :

2 de 2000	chevaux	marchant à	214	tours	par minute
1 de 2000	»	»	68	»	»
1 de 6000	»	»	88	»	»
1 de 6000	»	»	83	»	»
1 de 6000	»	»	75	»	»

Les pièces constituant ces moteurs ont été construites extrêmement robustes et rigides, en suivant autant que possible la pratique admise pour les machines à vapeur faisant le même service. Le bâti du stator est divisé en quatre sections pour les facilités de manœuvre et de transport; l'étoile du rotor, en acier coulé, est aussi divisée en quatre sections avec deux bras par section.

Le Tableau ci-joint fournit quelques données sur ces moteurs.

L'effet de volant que les rotors doivent avoir pour vaincre les surcharges produites par le laminage ne pouvant être déterminé exactement que par l'expérience, on a cru bon de construire les moteurs de façon à pouvoir modifier leur moment d'inertie après la mise en service. C'est ce qu'on a fait pour les moteurs de 6000 chevaux et pour ceux de 2000 chevaux à 68 t : m, en fixant aux étoiles des rotors de lourdes jantes d'acier coulé qu'on peut facilement enlever et remplacer par

Puissance : Marche normale continue avec 40° d'échauffement...	2 000^{chx}	2 000^{chx}	6 000^{chx}	6 000^{chx}	6 000^{chx}
25 pour 100 de surcharge continue avec 50° d'échauffement....	2 500	2 500	7 500	7 500	7 500
50 pour 100 de surcharge pendant 1^{h} avec 60° d'échauffement..	3 000	3 000	9 000	9 000	9 000
Vitesse : Au synchronisme..	214$^{t:m}$	68$^{t:m}$	83,3$^{t:m}$	88$^{t:m}$	75$^{t:m}$
Partie tournante du moteur : Diamètre.........................	2^{m},64	6^{m},40	6^{m},40	6^{m},40	6^{m},40
Partie fixe du moteur : Diamètre extérieur du bâti...........	4^{m},06	8^{m},55	8^{m},55	8^{m},55	8^{m},55
Largeur du bâti..	1^{m},16	1^{m},11	1^{m},50	1^{m},50	1^{m},50
Entrefer total..	0^{cm},71	1^{cm},016	1^{cm},016	1^{cm},016	1^{cm},016
Moteur d'induction : Nombre de pôles..........................	14	44	36	34	40
Tours par minute..	214	68	83	88	75
Volts..	6600	6600	6600	6600	6600
Rendement à pleine charge..	95 %	93 %	95,5 %	95,5 %	95,5 %
Facteur de puissance à pleine charge.............................	89 %	80 %	87 %	88 %	88 %
Puissance correspondant au couple de calage.....................	6 800^{chx}	5 100^{chx}	18 500^{chx}	20 600^{chx}	16 400^{chx}
Volant : Matière...	Tôles d'acier		»	»	»
Diamètre...	5^{m},20	5^{m},20	»	»	»
Poids..	45 000^{kg}	45 000^{kg}	»	»	»

d'autres de poids différent. En raison de leur vitesse trois fois plus grande, les deux moteurs de 2000 chevaux ont des volants séparés de 45 000^{kg} formés de tôles à chaudières rivées.

La poussée longitudinale qui peut résulter d'une fracture diagonale d'un axe ou d'un cylindre du laminoir est souvent suffisante pour briser le laminoir ou le moteur si l'on ne prend pas des précautions spéciales. La solution de ce problème, très difficile pour les machines à vapeur, est au contraire très facile pour les moteurs électriques. Un dispositif appelé *fusible mécanique* est fixé au bâti par deux tiges dont la résistance est telle qu'elles ne se brisent que lorsque la poussée longitudinale dépasse 150^{t}. Dès leur rupture, le rotor est libre de se déplacer dans le sens longitudinal en s'écartant du laminoir, ce qui annule la poussée. Les porte-balais sont disposés de façon à se déplacer librement, les balais gardant leur position normale sur les bagues.

Les bobines des enroulements, logées dans des encoches ouvertes, sont très rigides; elles sont, en outre, fixées à un solide anneau, pour empêcher les vibrations dues à des fluctuations excessives de courant.

Les courbes caractéristiques de ces moteurs, représentant les résultats des essais, montrent que le facteur de puissance et le rendement sont à peu près à leur maximum pour la puissance nominale et que leurs valeurs restent élevées dans toute l'étendue du fonctionnement.

En raison des caractéristiques du moteur asynchrone, il y aurait eu de grandes fluctuations de courant, même avec des volants très lourds, si l'on n'avait eu recours à un dispositif qui introduit automatiquement des résistances dans le circuit du rotor dès que la charge fait varier la vitesse de 2 ou 3 pour 100. L'appareil automatique agit d'une façon continue, réglant à une valeur uniforme le courant absorbé par le moteur, tandis que, par accélération ou ralentissement, le moteur et son volant se fixent à la vitesse correspondant à la puissance qu'exige le laminoir.

Le laminoir. — Le laminoir peut produire 4000^{t} de rails achevés par 24 heures. C'est le seul au monde qui, actionné électriquement, produise les rails par laminage direct des lingots, sans réchauffage.

Il y a neuf passes dans le laminoir blooming. Les deux premières sont des duos de 106^{cm} de diamètre marchant à 6 t : m, accouplés à l'un des moteurs de 2000 chevaux et 214 t : m par l'intermédiaire d'engrenages. Les deux passes suivantes ont même forme et même commande, mais les cylindres ont 102^{cm} de diamètre et marchent à 10 tours. Les cinq passes suivantes s'effectuent dans un trio de 102^{cm}, accouplé directement à un moteur de 6000 chevaux à 75 tours.

Au sortir de la passe 9, le lingot est coupé en deux par la cisailleuse qu'actionne un moteur d'induction de 75 chevaux.

Le train suivant comprend un trio dégrossisseur avec les passes 10, 11 et 12, alimenté par la table à bascule, puis les passes 16 et 17; ces deux dernières se font au retour des trains suivants, après passage sur le transporteur transversal. Ce train est formé de cylindres de 71^{cm} et directement accouplé à un moteur de 6000 chevaux à 63 tours. La passe 13 s'effectue dans un duo accouplé directement à un moteur de 2000 chevaux à 68 tours. Le dernier train comprend les passes 14, 15 et 18, cette dernière donnant au rail sa forme définitive. Ce train est accouplé directement à un moteur de 6000 chevaux à 88 tours.

L'énergie est fournie aux moteurs du laminoir par deux circuits d'une capacité de 10000 kilowatts chacun à 6600 volts ; l'un alimente les trois moteurs du laminoir blooming : deux de 2000 chevaux et un de 6000; l'autre alimente les trois autres moteurs, deux de 6000 chevaux et un de 2000.

Toutes les machines de cette installation ont parfaitement fonctionné dès le début ; ce succès ne peut manquer de multiplier les applications du moteur électrique aux aciéries et particulièrement aux laminoirs.

P. L.

TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE.

TÉLÉGRAPHIE.

Télégraphe multitonique Raymond Barker. — L'emploi du téléphone pour la réception au son des signaux télégraphiques Morse présente cet avantage que, le téléphone pouvant être actionné par induction, il n'est pas nécessaire de relier l'instrument au conducteur qui transmet les courants. Aussi, dès l'origine de l'utilisation pratique du téléphone, M. Raymond Barker a-t-il songé à s'en servir pour suivre par induction les signaux envoyés sur un câble au cours des travaux de pose, alors que l'âme a cessé d'être accessible, et il a imaginé dans ce but plusieurs dispositifs aujourd'hui adoptés sur les navires câbliers des grandes compagnies de télégraphie sous-marine.

Le dispositif le plus récent, décrit dans l'*Electrician* du 19 janvier 1909, page 546, puis dans l'*Industrie électrique* du 10 septembre, page 397, comporte deux clefs Morse qui envoient le courant d'une batterie dans l'un ou l'autre enroulement d'un électro-aimant à deux enroulements et deux armatures. En vibrant, ces armatures déterminent sur la ligne des courants ondulatoires dont les fréquences correspondent aux durées de vibration des armatures, et comme celles-ci sont différentes, les longueurs des armatures étant inégales, on obtient dans le téléphone récepteur placé à l'extrémité de la ligne, un son de hauteur différente suivant la clef sur laquelle on a appuyé. On peut dès lors convenir que l'un des deux sons correspondra à un point, l'autre à un trait Morse, de sorte que ces deux espèces de signaux sont faciles à distinguer, sans compter que, étant tous deux produits par des émissions courtes d'égale durée, la vitesse de transmission est augmentée (de 27 pour 100 d'après l'inventeur).

Des expériences de transmission et de réception par induction à l'aide de la bobine de Gott ont montré que le dispositif Barker convient très bien pour assurer la communication par ce procédé entre la côte et un navire câblier; suivant M. R. Barker, on a pu ainsi communiquer à 50^{km} et même à 100^{km}. Si l'on opère par conduction, on peut travailler jusqu'à 180^{km}.

Le dispositif Barker est d'ailleurs complété de manière à pouvoir utiliser un galvanomètre à miroir ou un siphon-recorder pour la réception. Dans ce cas il faut que les courants correspondant à un point soient tous de même sens, ceux correspondant à un trait de sens contraire. Une batterie spéciale de même force électromotrice que la batterie unique utilisée dans la réception au téléphone est alors connectée aux armatures de l'électro-aimant de manière que l'une des clefs donne des émissions ondulatoires positives, l'autre des émissions ondulatoires négatives. On peut ainsi communiquer à des distances très grandes, pour ainsi dire illimitées. D'ailleurs l'emploi du galvanomètre à miroir ou du siphon-recorder n'empêche nullement l'emploi simultané du téléphone, car, les émissions étant ondulatoires, le téléphone rend encore un son quelle que soit la clef que l'on abaisse.

RADIOTÉLÉGRAPHIE.

Producteur d'ondes, système Lecher (*Electrical Engineering,* t. V, 18 mai 1909). — Dans les installations ordinaires de télégraphie sans fil, les oscillations sont produites par une décharge disruptive entre deux boules d'éclateur intercalées en série dans le circuit oscillant et qu'on est obligé d'écarter beaucoup, pour pouvoir mettre en œuvre des quantités d'énergie suffisantes pour la transmission aux grandes distances. Dans le système Lepel, ces oscillations sont au contraire simplement excitées par une étincelle disruptive jaillissant entre deux surfaces planes très rapprochées, branchées en dérivation sur un circuit oscillant double, et se produisent entre les deux condensateurs et à travers les deux résistances inductives de ce circuit.

Le dispositif générateur Lepel se compose de deux circuits avec condensateurs et bobines de self, de même période oscillatoire, mais de capacité différente, montés en série, et entre les bornes de connexion desquels est branché l'éclateur. A ces mêmes bornes sont connectés les conducteurs venant de la source d'énergie continue alimentant le circuit. L'éclateur est constitué par deux disques recouverts chacun d'une feuille de papier percée d'un trou central le long des bords duquel jaillit l'étincelle. La quantité d'énergie traversant cet éclateur est une petite fraction seulement de l'énergie totale mise en mouvement dans le circuit oscillant.

L'antenne est accouplée soit galvaniquement, soit par induction avec l'un des deux circuits; elle peut même, comme dans les montages les plus récents, remplacer l'un de ces circuits.

Ce système de génération de courants oscillatoires à haute fréquence permettrait d'obtenir des trains d'onde très peu amortis se suivant sans aucune interruption, et donnerait, en outre, un rendement électrique très notablement supérieur à celui des systèmes avec oscillateur et arcs électriques en série qui est en usage actuellement.

APPLICATIONS THERMIQUES.

CHAUFFAGE INDUSTRIEL.

Application du chauffage électrique à l'extraction de l'essence de térébenthine, par T. SNYDER (Communication à l'American electrochemical Society, 30 avril 1909). — Généralement on obtient l'essence de térébenthine en distillant la résine qui exsude d'incisions faites dans les arbres résineux; c'est le procédé employé dans nos forêts des Landes. Le procédé décrit par M. Snyder consiste au contraire à chauffer directement le bois de ces arbres.

Il pourrait sembler que ce dernier, loin de constituer un perfectionnement, soit une cause de destruction des forêts d'arbres résineux. Il en serait évidemment ainsi si les arbres résineux n'avaient d'autre utilité que de servir à la préparation de l'essence de térébenthine. Mais les bois résineux sont aussi fort utilisés dans les constructions, et précisément les incisions qui sont faites aux arbres pour l'obtention de la résine diminuent leur valeur pour leur emploi comme bois de charpente. Dans certains cas, il peut donc y avoir intérêt à abandonner le procédé actuel et à traiter par chauffage direct les déchets d'équarrissage et la sciure provenant du travail du bois, ainsi que les branchages qui ne peuvent être utilisés pour bois d'œuvre. Aussi le procédé par chauffage direct est-il assez répandu aux États-Unis, où il est employé depuis quelques années.

Toutefois l'application de ce procédé se heurte à une difficulté. Les points d'ébullition des hydrocarbures contenus dans les arbres résineux sont compris entre 130° et 250°, et c'est la fraction de ces hydrocarbures distillant entre 155° et 170° qui constitue l'essence de térébenthine commerciale. Si l'on dépasse très peu 170°, si l'on atteint 175°, par exemple, on obtient une essence de térébenthine qui ne peut plus être employée sans inconvénient en peinture, car elle ne s'évapore plus entièrement à la température ordinaire; elle laisse un résidu visqueux qui ne s'évapore plus que très lentement. Or il est très difficile de ne pas dépasser la température limite quand, pour extraire la térébenthine, on chauffe le bois résineux par les moyens ordinaires. D'autre part, si l'on ne chauffe pas assez, le rendement est trop faible.

Le chauffage électrique résout la difficulté, et c'est ce mode de chauffage qui, d'après la communication de M. Snyder, vient d'être utilisé à Vancouver (Colombie britanique, Canada) dans une usine capable de traiter par jour plus de 10 stères de résidus de scierie.

La distillation s'opère dans des cornues de fonte, en deux parties, dont les fonds sont encastrés dans des cavités oblongues de la maçonnerie du four. Ces fonds sont munis à leur partie surpérieure d'un rebord en forme de gouttière dans lequel vient s'adapter la partie supérieure de la cornue, également en fonte. Cette partie supérieure renferme le bois à traiter, retenu audessous au moyen d'une grille; elle est enlevée facilement à l'aide d'un treuil, pour être remplacée par une autre contenant du bois frais, quand celui qu'elle contient est carbonisé; la gouttière périphérique est remplie de goudron de manière à former joint hydraulique. Les vapeurs distillées s'échappent par un conduit mobile en cuivre dont est munie la partie supérieure.

Le chauffage est produit par le passage d'un courant à 110 volts dans des bandes de fer forgé placées parallèlement dans la maçonnerie au voisinage des fonds des cornues. L'intensité est réglée indépendamment pour chaque cornue et les variations de température sont suivies au moyen de deux pyromètres thermo-électriques placés, l'un au centre de la cornue, l'autre sur son fond.

Au moment où l'on introduit le bois frais, la maçonnerie a été préalablement chauffée à 250°; pendant 2 heures on continue à faire passer le courant : la température s'élève alors au centre jusqu'à 130°; on arrête le courant : la température continue à s'élever dans la cornue encore pendant 2 heures, jusqu'à 170°, par suite de l'absorption de la chaleur emmagasinée dans la maçonnerie.

Quand la température de 170° est atteinte au centre de la cornue, on enlève brusquement, au moyen du treuil, la partie supérieure de la cornue et on la place sur la partie inférieure d'une cornue adjacente préalablement chauffée; puis on continue à chauffer jusqu'à ce que l'intérieur atteigne 375°; on extrait ainsi les carbures à point d'ébullition élevé, en même temps qu'une importante quantité de goudron.

On laisse alors refroidir la cornue pendant 3 heures et l'on fait tomber le charbon de bois qu'elle contient en ouvrant la grille. C'est sur le fond de la cornue de laquelle on vient de retirer le charbon qu'on place le bois frais. Le charbon de bois ainsi obtenu est assez compact et constitue un assez bon combustible.

Une opération complète dure 12 heures. Elle permet de retirer 90 à 95 pour 100 de l'essence de térébenthine trouvée à l'analyse dans le bois. Une tonne de bois fournit 50^{l} de térébenthine, 160^{kg} de produits résineux (colophane) et 325^{kg} de charbon de bois. Chaque cornue contient en moyenne 500^{kg} de bois et chaque opération consomme environ 90 kilowatts-heure.

ÉLECTROCHIMIE ET ÉLECTROMÉTALLURGIE.

CUIVRE.

Le raffinage électrolytique du cuivre aux États-Unis, par ALBERT BORDEAUX (*Génie civil*, t. LV, 21 août 1909, p. 311). — Dans un article général sur la métallurgie du cuivre aux États-Unis, l'auteur donne les renseignements suivants sur le raffinage électrolytique du cuivre dans ce pays.

Il y a quelques années, Anaconda et Great Falls avaient de grandes installations pour le raffinage électrolytique du cuivre. Anaconda possédait 700 tanks disposés en sept rangées, et chaque tank était pourvu de 38 anodes et 80 cathodes; la densité de courant était de 10 ampères par pied carré de cathode; le courant était fourni par sept dynamos, chacune de 4000 ampères sous 60 volts.

Les usines modernes de la Baltimore C° sont organisées suivant deux systèmes: le système série et le système multiple, suivant que les électrodes sont en série ou en quantité; les tanks sont toujours en tension.

L'électrolyte contient 5 à 6 parties d'acide sulfurique, 16 à 18 parties de sulfate de cuivre et 76 à 80 parties d'eau; il est légèrement chauffé. Les anodes proviennent directement des convertisseurs d'Anaconda et de Great Falls; elles ont généralement $1^{m},50$ sur $0^{m},65$, mais peuvent être plus petites. Les cathodes, de $0^{mm},95$ d'épaisseur, formées d'une plaque de cuivre rivée sur une plaque de plomb, sont huilées et recouvertes d'une fine couche de graphite qui aide au dépôt tout en empêchant l'adhérence trop forte.

La durée d'une opération dure de 2 à 4 semaines. Le surveillant d'une raffinerie de cuivre est constamment occupé à tenir l'électrolyte en état et le courant en bonne marche; il fait continuellement des analyses des anodes, des cathodes et de l'électrolyte.

Le dépôt des métaux précieux peut causer des courts-circuits; il faut alors le retirer avec un siphon. On le purifie en retirant à la main les petites particules de cuivre qu'il peut contenir; on le passe au filtre-presse et on le fond ensuite avec de la soude pour retirer l'or et l'argent. Les impuretés, qui donnent à ce dépôt une teinte d'un gris noirâtre, sont: le plomb, le zinc, le bismuth, le tellure, l'antimoine, l'étain, le molybdène, ce dernier spécialement à Rossland, en Colombie britannique, à la frontière nord du Montana, célèbre par ses mines de cuivre aurifère. Les cathodes sont fréquemment renouvelées; elles pèsent 25^{kg} à 30^{kg}, on va même jusqu'à 60^{kg} et 70^{kg}; elles contiennent 99,95 pour 100 de cuivre, 30^{g} d'argent, un peu d'arsenic et d'antimoine; on les raffine encore dans un four spécial.

Le prix du raffinage d'une tonne de cuivre pouvait varier au début de 50^{fr} à 100^{fr} avec une moyenne de 60^{fr} à 70^{fr}; on est descendu maintenant de 25^{fr} à 35^{fr}. Il y a avantage à ce que l'usine soit près des centres de consommation plutôt que sur la mine: le travail est mieux fait, la force motrice et les charbons sont à meilleur compte, et les facilités d'exportation sont plus grandes. C'est pour ces raisons qu'on a renoncé au raffinage électrolytique aux usines d'Anaconda et de Great Falls et que ce raffinage s'effectue dans le New-Jersey.

Le capital immobilisé sous forme d'anodes dans une raffinerie de cuivre peut atteindre plusieurs millions.

Il y a une douzaine de raffineries de cuivre aux États-Unis; elles sont un peu différentes dans les détails, en raison de la diversité des impuretés contenues dans le cuivre à traiter.

FONTE.

Fabrication de la fonte au four électrique, par W. RICHARDS. Communication faite au meeting de Niagara Falls de l'American Electrochemical Society (*Engineering News*, 20 mai 1909). — Dans cet article l'auteur rappelle d'abord les différentes phases du traitement des minerais de fer oxydés dans les hauts fourneaux, et montre que le tiers seulement de l'oxyde de carbone produit à la sortie des tuyères est utilisé pour la réduction et que, par suite, le procédé est loin d'être économique.

Pour les fours électriques, il donne le calcul détaillé des quantités de charbon de bois et de fondant qui seraient nécessaires à la production d'une quantité déterminée de fonte, en employant des minerais contenant 90 pour 100 d'oxyde de fer, 8 pour 100 de silice et 2 pour 100 d'argile. Puis il étudie les conditions à remplir pour éviter une accumulation inutile de combustible dans le creuset.

Si le combustible est en quantité insuffisante, le laitier entraîne de l'oxyde de fer non réduit et il se produit une corrosion des parois du four avec grande usure des électrodes. Dans le cas contraire, si le combustible est en excès, il est peu pratique d'ajouter du minerai et du fondant comme on l'a fait dans les essais à Sault-Sainte-Marie (Canada).

Il serait donc préférable de calculer la quantité de combustible nécessaire pour la production de l'oxyde de carbone seulement. On éviterait la formation d'anhydride carbonique en faisant échapper les gaz chauds du four sans leur permettre de se refroidir au contact du minerai.

L'auteur termine en proposant l'emploi, dans les localités où l'on dispose de puissantes forces hydrauliques, d'une combinaison du haut fourneau et du four électrique.

L'adjonction de tuyères à ce dernier permettrait de remédier à son principal défaut: l'accumulation de charbon non brûlé dans le creuset.

BIBLIOGRAPHIE (¹).

La consommation des chaudières à vapeur et l'économie de combustible, par D. SIDERSKI, ingénieur chimiste. Un vol. $19^{cm} \times 12^{cm}$, 174 pages, 26 figures, de l'*Encyclopédie des Aide-Mémoire*. Gauthier-Villars, éditeur. Prix : broché, $2^{fr},50$; cartonné, 3^{fr}.

Alors que pendant longtemps les constructeurs s'ingéniaient à augmenter de quelques centièmes le rendement des moteurs à vapeur sans se préoccuper d'améliorer le rendement extrêmement faible des chaudières qui les alimentent, on constate depuis quelques années une tendance marquée à renverser en quelque sorte le problème, en cherchant à augmenter le rendement de ces derniers appareils par un contrôle minutieux et permanent de la chaufferie.

Dans sa brochure, M. Siderski passe en revue les causes des mauvais rendements et les moyens d'y remédier. Il expose ensuite le système de contrôle des pertes de chaleur par l'analyse rationnelle des gaz des carneaux et décrit les appareils usités pour l'échantillonnage et l'analyse chimique des gaz, ainsi que les analyseurs automatiques. Plus loin il indique la manière de calculer le rendement et de conduire les essais de manière à rendre comparables des résultats obtenus dans différents pays. Enfin, il montre comment il est possible d'améliorer le rendement des chaudières en réglant l'alimentation de combustible et d'air et en récupérant les chaleurs perdues.

Ce livre s'adresse donc à tout propriétaire de générateur de vapeur, c'est-à-dire à tout industriel utilisant la vapeur comme force motrice. Les ingénieurs y trouveront aussi des renseignements intéressants sur les *Normes internationales* ou *Normes de Hambourg*, publiées en vue d'uniformiser les méthodes d'essais.

Les combustions industrielles. Le contrôle chimique de la combustion, par HENRI ROUSSET et A. CHAPLET. Un vol. $25^{cm} \times 16^{cm}$, 263 pages, 68 fig. Gauthier-Villars, éditeur. Prix : broché, 8^{fr}.

Comme le précédent ouvrage, celui-ci s'occupe, mais à un point de vue plus général, de la combustion dans les foyers industriels. Après quelques *données historiques et théoriques* sur les phénomènes de la combustion, les auteurs s'occupent des *combustibles*, décrivant à ce propos les principaux procédés utilisés pour déterminer leur composition chimique et leur pouvoir calorifique; ils passent ensuite au *comburant*, en somme de l'air atmosphérique, puisque jusqu'à ce jour, et malgré les procédés économiques de préparation de l'oxygène que nous connaissons aujourd'hui, l'oxygène pur n'est pas encore utilisé dans les combustions industrielles.

L'étude technique de la *combustion* qui vient ensuite fournit aux auteurs l'occasion d'examiner l'importance économique du choix du chauffeur et les économies que peut procurer une chauffe bien conduite. Puis sont présentés les divers procédés utilisés pour la détermination de la composition et de la température des *gaz de la combustion*. Le livre suivant, consacré au *contrôle de la combustion*, fournit d'excellents renseignements sur la manière dont doit être organisé ce contrôle dans les petites, les moyennes et les grandes chaufferies. Enfin, un *Appendice* contient quelques données sur les qualités que doit avoir l'eau d'alimentation des générateurs de vapeur et sur les moyens de l'épurer, ainsi que quelques indications bibliographiques sur les ouvrages, mémoires et articles que le lecteur pourra consulter pour se documenter plus complètement.

Par ce rapide aperçu de son contenu, on voit que l'ouvrage de MM. Rousset et Chaplet répond à une des questions qui préoccupent le plus l'ingénieur électricien à l'heure actuelle : réduire la consommation en combustible des foyers de chaudières à vapeur par un contrôle sérieux et permanent des conditions de fonctionnement de ces appareils. Il sera donc accueilli favorablement par la plupart de nos lecteurs.

Dans les dernières pages de leur ouvrage, MM. Rousset et Chaplet se plaignent de ce que, en général, les revues techniques accueillent les publications nouvelles par des comptes rendus incolores et neutres, et souhaitent vivement d'être critiqués. Certes, nous sommes les premiers à reconnaître que les analyses bibliographiques ne devraient être rédigées qu'après une lecture approfondie des ouvrages analysés, car seules, les erreurs fondamentales peuvent être aperçues à première lecture, et que ce n'est souvent qu'après une longue étude qu'il est possible de relever les incorrections de détails. Or, l'éditeur et l'auteur sont généralement impatients de voir paraître la notice bibliographique. Force est donc de publier, le plus souvent, non pas une véritable analyse critique, mais une simple indication bibliographique. Ajoutons toutefois que, pour répondre au désir exprimé par MM. Rousset et Chaplet, nous eussions été assez heureux de relever dans leur volume quelque incorrection méritant d'être signalée. Nous n'avons pu le faire, malgré la lecture attentive que nous avons faite de leur ouvrage. T. P.

La fabrication électrochimique de l'acide azotique et des composés nitrés, par J. ESCARD. 2ᵉ édition. Un vol. $25^{cm} \times 15^{cm}$, 116 pages, 52 figures. H. Dunod et E. Pinat, éditeurs. Prix : broché, $4^{fr},50$.

Intéressant ouvrage donnant sur un sujet d'actualité des renseignements suffisants pour qu'on se puisse faire

(¹) Il est donné une analyse bibliographique de tout Ouvrage dont *deux* exemplaires sont adressés à la Rédaction.

une idée de l'état actuel et de l'avenir de l'industrie naissante de la fabrication des produits azotés au moyen de l'azote de l'air.

La description du procédé Birkeland-Eyde pour la fabrication de l'acide azotique par l'arc électrique et celle du procédé Franck-Caro pour la transformation du carbure de calcium en cyanamide calcique y tiennent naturellement la plus grande place (27 pages pour la première et 20 pour la seconde). Ces descriptions sont précédées de généralités et d'un aperçu historique, et suivies de quelques indications sur les résultats obtenus dans les essais effectués récemment en vue de fixer l'azote de l'air sous forme d'azotates au moyen de nitrières à haut rendement. J. B.

Recueil des lois, règlements et cahiers des charges relatifs à l'industrie électrique, publié par MM. GEOFFROY et DELORE. Un vol. 25cm × 16cm, 179 pages. En vente à l'imprimerie Levé, 17, rue Cassette, Paris. Prix : broché, 3fr.

Le nombre considérable de lois, décrets et règlements promulgués pendant ces dernières années donne aux publications de ce genre une utilité incontestable en évitant aux intéressés des recherches toujours fastidieuses dans les collections du *Journal officiel* ou des Revues électrotechniques.

La brochure qu'ont publiée MM. Geoffroy et Delore contient : la loi du 15 juin 1906 sur les distributions d'énergie; les divers décrets, arrêtés et circulaires qui s'y rapportent; les instructions concernant les installations intérieures rédigées par la Chambre syndicale des Industries électriques; le cahier des charges relatif aux câbles sous plomb armé approuvé par le Syndicat des Industries électriques; enfin les instructions générales pour la fourniture des machines et transformateurs électriques préparées par ce même Syndicat.

Analyse du caoutchouc et de la gutta-percha, par MAURICE PENTIO, chargé du contrôle chimique au sous-secrétariat des Postes et Télégraphes. Un vol. 19cm × 12cm, 170 pages, 10 fig., de l'*Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire*. Gauthier-Villars, éditeur. Prix : broché, 2fr,50; cartonné, 3fr.

Cet ouvrage a été écrit pour ceux qui s'intéressent à l'étude du caoutchouc et de la gutta-percha, et en particulier pour les chimistes qui sont chargés de contrôler la qualité de ces substances.

La première Partie est consacrée au caoutchouc. Après quelques pages sur les origines botaniques de ce produit, plusieurs Chapitres sont consacrés aux moyens de contrôle mécaniques ou chimiques employés pour reconnaître la qualité d'un caoutchouc brut ou manufacturé.

La gutta-percha forme la matière de la seconde Partie; on y trouve aussi l'étude des propriétés de cette matière et la description des méthodes physiques ou chimiques utilisées pour évaluer son degré de pureté.

Des extraits des cahiers des charges de quelques administrations pour la réception des objets et câbles en caoutchouc et en gutta-percha terminent le Volume.

Les découvertes modernes en Physique : I. Électricité et matière. II. Les ions et les électrons dans la théorie des phénomènes physiques. La matière et l'éther; par O. MANVILLE, docteur ès sciences. 1 vol. de 14cm × 23cm, de 463 pages avec 65 figures dans le texte, édité par la Librairie scientifique A. Hermann, 6, rue de la Sorbonne, Paris. Prix : broché, 8fr.

Ce livre est plus qu'une deuxième édition de l'ouvrage du même auteur que nous avons signalé au tome IX, p. 112, de *La Revue électrique*. Il comprend en effet deux Parties bien distinctes. La première est la répétition exacte des idées générales sur l'Électricité et la Matière contenues dans le premier opuscule; nous prierons donc le lecteur de se reporter à l'article signalé. L'auteur a pensé, avec juste raison, qu'un complément où seraient condensées les théories mathématiques de ces questions rendraient de grands services aux physiciens qui les abordent pour la première fois et désirent des connaissances plus approfondies leur permettant la lecture des mémoires nombreux et souvent arides publiés sur cette matière. Comme son devancier, ce livre est écrit avec la clarté et la simplicité d'un érudit en parfaite possession de son sujet et ayant su faire un choix judicieux dans le domaine si vaste et surtout si mobile des idées actuellement en cours. Ces quelques lignes, extraites de la préface, montrent nettement le but de l'auteur : « N'ayant eu en vue que l'évolution des idées, nous n'avons donné que le schéma des expériences et le développement général des théories. Malgré cela nous espérons que le lecteur y trouvera entière la pensée des physiciens, pensée que nous nous sommes efforcé de respecter et surtout de ne pas déformer. » Ce programme nous semble parfaitement réalisé; aussi ne saurions-nous trop recommander le livre de M. Manville aux étudiants aussi bien qu'aux bibliothèques. A titre de renseignement, nous indiquons les principales matières traitées dans chaque chapitre : 1° Théorie de la conductibilité électrique à travers les liquides ionisés. — 2° Théorie de la conductibilité électrique dans les gaz ionisés à la pression ordinaire. — 3° Théorie de la conductibilité électrique dans les gaz à basse pression. Ionisation par chocs d'ions et de corpuscules avec l'atome matériel. Les systèmes binaires de M. Righi. — 4° La théorie des métaux. L'aimantation et la théorie du magnétisme (théorie des métaux de J.-J. Thomson, Drude, Lorentz, Ewing, Weber; théorie du magnétisme de Langevin). — 5° Les radiations lumineuses et calorifiques. Les phénomènes magnéto-optiques (théorie électromagnétique de la lumière d'après Maxwell, théorie électrique de la lumière d'après Lorentz, théorie de l'émission de M. Lorentz, théorie de l'absorption de Voigt, et enfin l'entraînement de l'éther et les nouvelles idées de J.-J. Thomson sur l'énergie cinétique et l'énergie potentielle). B. K.

VARIÉTÉS. — INFORMATIONS.

CHRONIQUE FINANCIÈRE ET COMMERCIALE.

Convocations d'Assemblées générales. — *L'Union électrique.* Assemblée ordinaire et extraordinaire, le 29 septembre, à 10h, à Saint-Claude (Jura).

Secteur électrique du faubourg Saint-Denis. Assemblée constitutive, le 18 septembre, à 3h, rue Richelieu, 16 et 18, Paris.

Société régionale de distribution électrique du Centre. Assemblée constitutive, le 23 septembre, à 2h, rue du Havre, 5, Paris.

Société lilloise d'Éclairage électrique. Assemblée ordinaire, le 25 septembre, à 3h30m, rue de la Barre, 85, à Lille.

Société toulousaine d'Électricité. — Du Rapport présenté par le Conseil d'administration, à l'Assemblée générale ordinaire du 2 juin 1909, nous extrayons ce qui suit :

La vente d'énergie électrique s'élève en 1908 à 942331fr,95 contre 831449fr,70 en 1907, soit une augmentation en 1908 de 110882fr,25.

Les recettes et les dépenses de l'exploitation générale ont donné, en 1908, les chiffres suivants : recettes, 1028448fr,61 ; dépenses, 662764fr,18. Nous avons un excédent de recettes s'élevant à 365684fr,43. A cet excédent nous ajoutons la somme de 4093fr,11 représentant les intérêts divers perçus pendant le cours de l'exercice; nous obtenons un bénéfice de 369777fr,54.

Mais de ce bénéfice il y a lieu de déduire : 1° le montant des intérêts des obligations, 169310fr; 2° l'amortissement sur les constructions et le matériel restant la propriété du Bazacle, 39000fr, soit 208310fr. Il reste donc, comme bénéfice de la gestion en 1908, 161467fr,54.

Nous vous proposons de le répartir comme suit : 1° Conformément à l'article 49, nous prélevons 5 pour 100 sur ce bénéfice pour la réserve légale, soit 8073fr,37; reste 153394fr,17; 2° un dividende de 5 pour 100 à répartir aux actions, soit 150000fr; 3° de reporter à nouveau un solde de 3394fr,17.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1908.

Actif.

		fr
I.	Valeurs immobilisées amortissables	8744309,69
II.	Valeurs disponibles	499623,03
III.	Valeurs engagées	11195,06
IV.	Comptes des tiers	261746,83
V.	Résultats	23333,30
		9540205,91

Passif.

I.	Comptes du capital	7389603,73
II.	Valeurs immobilisées amortissables	196289,73
III.	Valeurs disponibles	66250,00
IV.	Comptes des tiers	1726594,91
V.	Résultats	161467,54
		9540205,91

EXPLOITATION GÉNÉRALE (ANNÉE 1908).

Doit.

	fr
Frais de production du courant	281057,87
Frais généraux	270546,95
Entretiens divers	111159,36
Total	662764,18
Excédent des recettes	365684,43
Total	1028448,61

Avoir.

Distribution de courant	942331,95
Locations diverses	16678,40
Sous-locations	50302,45
Recettes diverses	19135,81
	1028448,61

EXERCICE 1908.

Doit.

Intérêts aux obligataires	169310,00
Amortissement sur les constructions et le matériel restant la propriété du Bazacle	39000,00
Solde bénéficiaire de l'exercice	161467,54
Total	369777,54

Avoir.

Solde de l'exploitation générale	365684,43
Solde du compte Intérêts divers	4093,11
	369777,54

Avis commerciaux. — RAPPORTS COMMERCIAUX DES AGENTS DIPLOMATIQUES ET CONSULAIRES DE FRANCE.

N° 810. *Russie.* — Situation économique et commerce extérieur de la Finlande en 1907.

N° 811. *Chine.* — Commerce d'Amoy en 1907.

N° 812. *Mozambique.* — Renseignements sur la province de Mozambique. Sa situation économique pendant les années 1906-1907.

Cours officiels, à la Bourse de Londres, du cuivre « Standard » et du cuivre électrolytique. — Du 13 au 24 septembre 1909 ces cours ont été :

DATES.	CUIVRE « STANDARD ».	CUIVRE ÉLECTROLYTIQUE.
	£ sh d	£ sh d
13 septembre 1909.	58 10 »	60 » »
14 » » .	58 11 3	60 » »
15 » » .	58 16 3	60 » »
16 » » .	59 » »	60 5 »
17 » » .	59 3 9	60 10 »
20 » » .	59 6 3	60 10 »
21 » » .	59 10 »	60 15 »
22 » » .	59 13 9	60 15 »
23 » » .	59 7 6	60 15 »
24 » » .	59 7 6	60 15 »

NOTA. — La Bourse de Londres est fermée le samedi.

INFORMATIONS DIVERSES.

Traction. — LA TRACTION ÉLECTRIQUE EN SUISSE. — Dans la *Revue générale des Sciences* du 15 août, M. P. Clerget donne les renseignements suivants sur l'état actuel de la traction électrique en Suisse :

La traction électrique a été introduite en Suisse en 1888 : tramway de Vevey à Chillon et funiculaire du Bürgenstock.

Le Tableau suivant indique les progrès réalisés de 1901 à 1908 :

	1901.	1908.
	km	km
Chemins de fer à voie normale	44	85
Chemins de fer à voie étroite	62	316
Chemins de fer à crémaillère	12	28
Funiculaires	13	24
Tramways	272	566
Total	403	1019

Les principales lignes électrifiées sont les suivantes :

	km
Lauterbrunnen à Mürren (1891), voie étroite	4
Orbe à Chavornay (1894), voie normale (courant continu)	»
Burgdorf à Thoune (1899), voie normale (courant alternatif triphasé)	40
Stanstadt à Engelberg (1898), voie étroite (courant alternatif de 750 volts)	23
Fribourg à Anet (1903), voie normale (courant continu de 1000 volts)	32
Seebach à Wettingen (1904), voie normale (courant alternatif monophasé)	20
Brigue à Iselle (1906), voie normale (courant alternatif triphasé)	22
Spiez à Frutigen (projet), voie normale (courant alternatif monophasé)	»
Lucerne à Wiedegg (en transformation), voie normale (courant alternatif monophasé)	54

Sur l'ensemble du réseau ferré suisse (tramways compris), la traction électrique représente aujourd'hui 18 pour 100 du total des lignes contre 10 pour 100 en 1901. La Compagnie du chemin de fer des Alpes bernoises (Lötschberg), qui a résolu d'exploiter tout son réseau à l'électricité, va commencer à titre d'essai sur le tronçon, déjà construit, de Spiez à Frutigen, en utilisant le courant alternatif monophasé, avec tension de 15000 volts et 15 périodes (Société Alioth, de Bâle).

L'administration des Chemins de fer fédéraux étudie l'extension de la traction électrique à tout son réseau, n'exploitant jusqu'ici, de cette façon, que les tronçons Seebach-Wettingen et Brigue-Iselle. Elle a acquis, en 1907, des cantons d'Uri et du Tessin, les forces motrices nécessaires à la ligne du Gothard, nationalisée depuis le 1er mai 1909.

Parmi les lignes électrifiées à voie étroite, avec ou sans crémaillère, on peut encore citer celle de Montreux à Zweisimmen (1905, 62km courant continu à 750 volts) qui a coûté 17 millions, et qui franchit, par des rampes maxima et sans crémaillère, des altitudes supérieures à 1200m; le réseau des chemins de fer veveysans (1903, 43km courant continu); la ligne de Martigny à la frontière française (1906, 21km courant continu) raccordée avec Chamonix; les deux lignes tessinoises (1907) de Locarno à Bignasco (27km courant alternatif monophasé) et de Bellinzona à Mesocco (31km courant continu à 1500 volts); la ligne de Monthey à Champéry (1908, 12km) qui comportera un embranchement sur Morges, à la frontière de Savoie.

D'autres lignes sont en voie d'électrification, tel le chemin de fer de la Wengernalp (18km); il en sera de même du projet qui reliera l'Engadine (Saint-Moritz) à la Valteline (Tirano) et qui aura 60km.

Les chemins de fer électriques de la Suisse représentent un capital engagé de 104 millions de francs; les frais d'établissement sont fort variables : on compte en plaine 80000fr par kilomètre; les chiffres s'élèvent considérablement pour les lignes de montagne. En 1907, la recette kilométrique a varié de 4713fr (chemins de fer du Jorat) à 89842fr (chemin de fer de la Jungfrau). Les dividendes sont nuls pour les $\frac{2}{3}$ des lignes, et notamment pour toutes celles qui n'ont été ouvertes que depuis 1901 (la ligne de Montreux à Zweisimmen exceptée). Les excédents doivent être consacrés, d'après la législation fédérale, à la constitution de fonds de renouvellement et de réserve, de telle sorte que, pendant quelques années, le capital-actions reste sans rémunération. La traction à vapeur n'enregistre pas de résultats meilleurs; ce n'est donc pas le système de traction qu'il faut incriminer, mais seulement l'insuffisance du trafic dans certaines régions. Les lignes qui prospèrent sont celles qui jouissent le plus de la faveur des touristes.

Une Commission étudie depuis plusieurs années l'électrification de toutes les lignes principales du réseau d'État.



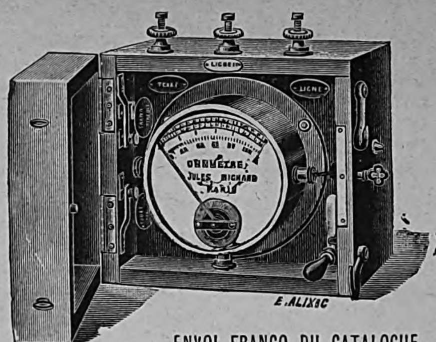
LAMPE "Z"

FABRICATION FRANCAISE

USINE à IVRY s/SEINE



MESURES ÉLECTRIQUES, ENREGISTREURS ET APPAREILS DE TABLEA



ENVOI FRANCO DU CATALOGUE

Courants continus, courants alternatifs simples et polyphasé

NOUVEAUX MODÈLES absolument **APÉRIODIQUES**

Pour traction électrique : électromobiles, tramways, chemins de

Ampèremètres, voltmètres, wattmètres.
Modèle électromagnétique à apériodicité réglable sans ai permanent.
Modèle apériodique de précision à cadre, système d'Arsonval, A remètres à shunts.
Modèle thermique sans self-induction, apériodique, à consomm réduite.
Compteur horaire, **Boites de contrôle, ohmmètres,** etc.

Jules RICHARD, Fondateur et Successeur de la Maison RICHARD, Frères.

25, r. Mélingue (Anc. Imp. Fessart), **PARIS.** Exposit. et vente : **10, r. Halévy**







LAMPE "MÉTAL"

UN WATT PAR BOUGIE

PRIX - 3 fr. 75% d'Economie

La Lampe "MÉTAL" de 32 Bougies
consomme moins
qu'une Lampe ordinaire de 10 Bougies

Demander la Marque "MÉTAL" chez tous les Electriciens

VENTE EN GROS

Cie Gle DES LAMPES - 5, Rue Boudreau PARIS



Paris. — Imprimerie GAUTHIER-VILLARS, quai des Grands-Augustins, 55.

43751 *Le Gérant :* GAUTHIER-VILLA

6e Année. — TOME XII. N° 139 — 15 OCTOBRE 1909.

LA REVUE ÉLECTRIQUE

ORGANE

DE L'UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ

Publiée sous la direction de J. BLONDIN, Agrégé de l'Université, Rédacteur en chef,

Avec la collaboration de :

MM. Armagnat, Becker, Bourguignon, Courtois, Da Costa, Jacquin, Jumau, Goisot, J. Guillaume, Labrouste, Lamotte, Mauduit, Raveau, G. Richard, Turpain, etc.

Revue paraissant deux fois par mois.

Abonnement. Paris . 25 fr. — Départements : 27 fr. 50. — Union postale : 30 fr. — **Le Numéro : 1 fr. 50.**

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,

Quai des Grands-Augustins, 55.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J. Blondin, 171, Faubourg Poissonnière, Paris (9e).

Tome XII. **N° 139. — 15 octobre 1909.**

LA REVUE ÉLECTRIQUE

CHRONIQUE.

Le précédent numéro contenait une analyse étendue d'un travail de M. Chevrier sur l'établissement des grandes usines génératrices d'électricité. Dans celui-ci est publié, pages 236 à 250, un important article de M. DELLA RICCIA sur un point spécial du même sujet, le **choix des unités électrogènes dans les grandes centrales à vapeur**.

Partant de l'hypothèse que les groupes électrogènes sont des turbo-alternateurs, l'auteur montre comment l'étude approfondie des divers diagrammes de charge permet de prédéterminer la puissance des groupes électrogènes qu'il convient d'employer, et il arrive (p. 246) à cette conséquence que, dans tous les cas qui peuvent se rencontrer en pratique, il est toujours préférable d'employer des groupes électrogènes d'une puissance aussi élevée que possible.

En second lieu, l'auteur recherche s'il y a intérêt à installer et à utiliser une ou plusieurs unités de puissance plus faible que celle des unités principales de l'usine, solution qui, à première vue, peut sembler économique, ces unités, en prenant la charge des unités principales en surcharge ou en charge incomplète, permettant à celles-ci de marcher à peu près constamment à leur charge normale. Or, comme on le verra page 243, l'auteur établit que cette solution n'est nullement économique et qu'il convient de prendre des unités de même puissance, ce qui d'ailleurs présente à d'autres points de vue des avantages incontestables.

La compétence en matière d'exploitation d'usines électriques que possède M. Della Riccia qui, comme directeur de la Société d'Électricité de Paris, a eu à étudier la construction de la grande usine de Saint-Denis et en suit le fonctionnement, donne à ces conclusions un poids considérable.

Aux pages 250 et suivantes, M. GOUREL, continuant la description de l'usine génératrice de l'Exposition de Nancy, décrit aujourd'hui le **groupe Berger André-Thomson-Houston** alimenté par des chaudières Grille-Stofft.

Laissant de côté les autres articles de ce numéro, appelons l'attention sur l'étude très documentée que donne M. GOISOT (p. 255 à 262) de **l'installation de chauffage électrique des trains à vapeur**, qu'il a eu l'occasion d'effectuer en 1907 sur le chemin de fer de la Camargue. Le fonctionnement de cette installation montre que le chauffage par l'électricité n'est pas seulement recommandable sur les chemins de fer et tramways électriques, mais encore pour les trains à vapeur.

J. B.

UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ.

Siège social : boulevard Haussmann, 63, Paris. — Téléph. : **276-35.**

Syndicats adhérents à l'Union : Syndicat des forces hydrauliques, de l'électrométallurgie, de l'électrochimie et des industries qui s'y rattachent; Syndicat professionnel des industries électriques; Syndicat professionnel des industries électriques du Nord de la France; Syndicat professionnel de l'industrie du gaz (Usines électriques du); Syndicat professionnel des usines d'électricité.

SYNDICAT PROFESSIONNEL DES INDUSTRIES ÉLECTRIQUES.

Siège social : rue Saint-Lazare, 11.

Téléphone : **238-60.**

Dix-neuvième Bulletin bimensuel de 1909.

Sommaire : Bibliographie, p. 234. — Liste des documents publiés dans le *Bulletin* à l'intention des membres du Syndicat, p. 234. — Offres et demandes d'emplois, *voir* aux annonces, p. xix.

Bibliographie.

MM. les membres adhérents peuvent se procurer au Secrétariat général :

1° Les statuts du Syndicat;

2° Les annuaires du Syndicat;

3° La collection complète des Bulletins;

4° Les numéros séparés dont ils auraient besoin pour compléter leur collection;

5° Les instructions concernant les conditions d'établissement des installations électriques dans l'intérieur des maisons;

6° Les instructions générales pour la fourniture et la réception des machines et transformateurs électriques

(*Ces instructions sont actuellement en revision*);

7° La série de prix des travaux d'électricité établie par le groupe des Chambres syndicales du bâtiment et des industries diverses et le Syndicat Professionnel des Industries électriques (édition de 1907);

8° Le Rapport de M. Guicysse sur les retraites ouvrières;

9° Les affiches dont l'apposition est prescrite par les lois réglementant le travail (voir *Bulletin* de juin 1905);

10° Les affiches « Dangers de l'alcoolisme » et « Conseils pour éviter la tuberculose »;

11° L'affiche indiquant les secours en cas d'accidents dus aux conducteurs d'énergie électrique;

12° La loi du 15 juin 1906 sur les distributions d'énergie; les décrets, arrêtés et circulaires relatifs à l'application de cette loi;

13° La convention pour la concession de la distribution de l'énergie électrique dans Paris.

Liste des documents publiés dans le présent Bulletin à l'intention des membres du Syndicat Professionnel des Industries électriques.

Ministère de la Marine. — Circulaire relative à la préparation et à la passation des marchés, p. 265.

Circulaire relative à la fixation des prix limites, p. 266.

Circulaire relative à la préparation des cahiers des charges ou projets de traité de gré à gré, p. 268.

Circulaire relative à l'organisation et au fonctionnement de la Commission centrale permanente des machines et du grand outillage et de la Commission centrale permanente des marchés, p. 270.

Avis commerciaux. — Rapports commerciaux des agents diplomatiques et consulaires de France, p. 280. — Tableau des cours du cuivre, p. 280.

SYNDICAT PROFESSIONNEL DES USINES D'ÉLECTRICITÉ.

Siège social : rue Tronchet, 27, Paris.

Téléphone : **225-92.**

Dix-neuvième Bulletin bimensuel de 1909.

Sommaire : Bibliographie, p. 234. — Compte rendu bibliographique, p. 235. — Liste des documents publiés à l'intention des membresdu Syndicat Professionnel des Usines d'Électricité, p. 235.

Bibliographie.

1° Collection reliée des Bulletins des années 1896 à 1899 (Tome I).

2° Collection reliée des Bulletins des années 1900 et 1901 (Tome II).

3° Collection reliée des Bulletins des années 1902 et 1903 (Tome III).

4° Collection reliée des Bulletins de l'année 1904 (Tome IV).

5° Collection reliée des Bulletins de l'année 1905 (Tome V).

6° Collection reliée des Bulletins de l'année 1906 (Tome VI).

7° Collection reliée des Bulletins de l'année 1907 (Tome VII).

8° Loi et décrets du 9 avril 1898 sur les accidents du travail.

9° Loi du 22 mars 1902 complétant celle du 9 avril 1898 dont la connaissance doit être donnée aux ouvriers par l'affichage dans les ateliers. Il y a lieu pour les membres adhérents de se pourvoir d'affiches répondant à ces nécessités.

Selon les préférences, le Secrétariat peut remettre aux adhérents soit la loi du 22 mars 1902 isolée, soit la loi du 9 avril 1898 remaniée et mise au point. Cette deuxième affiche est plus chère que la première.

10° Circulaire ministérielle du 19 août 1895 : secours à donner aux personnes foudroyées (*courants continus*).

11° Circulaire ministérielle du 19 août 1895 : secours à donner aux personnes foudroyées (*courants alternatifs*).

12° Études sur l'administration et la comptabilité des usines électriques, par A.-C. Ray.

13° Instructions pour l'entretien et la vérification des compteurs, à courant continu et à courant alternatif.

14° Rapport de la Commission des Compteurs, présenté au nom de cette Commission, par M. Rocher, au Congrès du Syndicat, le 13 juin 1903 (document strictement personnel et confidentiel réservé aux seuls membres du Syndicat).

15° Rapport fait au nom de la Commission chargée d'exa-

miner le projet de loi sur les distributions d'énergie, par M. A. Berthelot, député.

16° Projet de loi relatif aux usines hydrauliques sur les cours d'eau non navigables ni flottables, présenté au nom de M. Émile Loubet, Président de la République française, par M. Léon Mougeot, Ministre de l'Agriculture.

17° Projet de loi tendant à autoriser la Ville de Paris à emprunter une somme de 120 millions et à organiser le service du gaz, présenté au nom de M. Émile Loubet, Président de la République française, par M. E. Combes, Président du Conseil, Ministre de l'Intérieur et des Cultes.

18° Note sur la traction électrique des chemins de fer, par M. le Dr Tissot (Congrès du Syndicat, 1903).

19° Conférence de M. Chaumat sur la Télégraphie sans fil (Congrès du Syndicat, 1904).

20° Rapport fait au nom de la Commission de l'Administration générale, départementale et communale, des cultes et de la décentralisation, chargée d'examiner le projet de loi tendant à autoriser la Ville de Paris à emprunter une somme de 120 millions et à organiser le service du gaz, par M. Émile Morlot, député.

21° Renseignements et avis pour la Commission préfectorale chargée d'étudier le régime futur de l'électricité à Paris.

22° Procès-verbal de la séance du 24 octobre 1904 de la Commission d'organisation du régime futur de l'électricité à Paris.

23° Rapport de M. Ch. Prevet, sénateur, fait au nom de la Commission chargée d'examiner le projet de loi, adopté par la Chambre des Députés, tendant à autoriser la Ville de Paris à emprunter une somme de 120 millions et à organiser le service du gaz.

24° Proposition de loi présentée par M. Janet sur les distributions d'énergie.

25° Étude présentée par M. Lauriol, ingénieur en chef des services généraux d'éclairage, à la Sous-Commission du régime futur de l'Électricité à Paris, en date du 26 novembre 1904.

26° Note de M. Blondel, du 12 décembre 1904, et Note de la maison Brown-Boveri pour la Commission du régime futur de l'électricité à Paris.

27° Rejet par le Sénat de la régie du gaz à Paris (séances des 21 et 23 février 1905).

28° Loi du 9 avril 1898, modifiée le 31 mars 1905, concernant la responsabilité des accidents dont les ouvriers sont victimes dans leur travail.

29° Deuxième Rapport présenté par M. Morlot sur le projet de loi tendant à autoriser la Ville de Paris à emprunter une somme de 120 millions et à organiser le service du gaz.

30° Rapport de la Commission des Compteurs relatif aux réponses des constructeurs de compteurs aux desiderata qui leur ont été soumis par la Commission (réservé aux exploitants d'usines électriques).

31° Modèle type de bulletin de commande de compteurs.

32° Compte rendu *in extenso* des séances de la Chambre des Députés des 31 octobre, 6, 8, 10 et 13 novembre 1905 (la question du gaz à Paris).

33° Compte rendu *in extenso* de la séance du Sénat du 14 décembre 1905 (la question du gaz à Paris).

34° Compte rendu *in extenso* des séances du Conseil municipal des 15 et 31 décembre 1905 (la question du gaz à Paris).

35° Décret sur l'hygiène et la sécurité des travailleurs dans les établissements mettant en œuvre des courants électriques (affiches).

36° Loi sur les distributions d'énergie électrique, 15 juin 1906. (Brochure.)

(*Adresser les commandes à M. le Secrétaire général.*)

Compte rendu bibliographique.

Il sera fait mention de tous les Ouvrages d'intérêt général relatifs aux Associations comme aussi de tous les Livres techniques utiles pour les applications du courant électrique dont on fera parvenir deux exemplaires au Syndicat Professionnel des Usines d'Électricité.

Liste des documents publiés dans le Bulletin à l'intention des membres du Syndicat Professionnel des Usines d'Électricité.

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

USINES GÉNÉRATRICES.

Sur le choix des unités électrogènes pour les grandes centrales à vapeur. — Le projet d'une centrale électrique à vapeur est subordonné à la solution de différents problèmes qui sont généralement insuffisamment déterminés.

Un des premiers problèmes à résoudre réside dans le choix du nombre et de la puissance des unités électrogènes, actives et de réserve, nécessaires à l'alimentation du ou des réseaux à desservir et des services accessoires propres de l'usine.

Le plus important des éléments à prendre en considération, quand on procède à ce choix, est constitué par le ou les diagrammes de charge du ou des réseaux à alimenter.

Ces diagrammes de charge ne peuvent, en aucun cas, être connus avec toute exactitude.

S'il s'agit d'une centrale n'ayant encore aucune clientèle assurée, ou à peu près, et comptant sur une clientèle purement éventuelle, dont les besoins et le développement ne sauraient être prédéterminés, en projetant la centrale, on se réfère, en ce qui concerne l'allure probable du diagramme de charge du réseau, à des cas connus plus ou moins analogues à celui qu'on envisage; et l'on adopte, par prudence, des mesures de caractère expectatif.

Mais il arrive parfois que la clientèle immédiate de la centrale à projeter est suffisamment déterminée soit dans son importance, soit dans la nature de ses besoins, et qu'il en est de même, quoique plus grossièrement, de son développement ultérieur.

Tel est le cas surtout pour les grandes centrales dont la construction est suggérée par des circonstances tout à fait particulières, comme la réorganisation d'un service urbain précédemment partagé entre plusieurs concessionnaires, la fusion de plusieurs services publics en une seule exploitation, la centralisation de la production par un gros producteur décidé à remplacer un matériel ayant déjà fait son temps par un matériel nouveau et plus économique ou par plusieurs producteurs décidés à réunir leurs efforts précédemment antagonistes ou isolés, etc.

Dans ces circonstances, aujourd'hui d'ailleurs assez fréquentes, l'étude de la centrale électrique est favorisée par une connaissance suffisante, sinon parfaite, de la manière dont varie la demande de puissance par le réseau à desservir. C'est ce que nous nous proposons de montrer dans cette étude.

I. La demande de puissance, quelle que soit la nature du réseau, est continuellement variable d'un bout à l'autre de l'année. Les exploitants qui font de la statistique l'enregistrent au moyen de diagrammes journaliers des puissances instantanées qu'on peut obtenir avec différents degrés d'approximation de différentes manières. Les 365 diagrammes journaliers d'une année sont généralement tous différents entre eux.

Leur ensemble constitue le diagramme annuel qu'il est pratiquement impossible d'analyser d'un coup d'œil. Aussi quelques-uns des renseignements que fournit leur ensemble sont parfois résumés dans des diagrammes spéciaux : diagramme annuel des maxima journaliers, diagramme annuel des moyennes journalières, diagramme annuel des minima journaliers.

Remarquons en passant que les diagrammes annuels et journaliers des puissances instantanées ont un caractère de continuité qui manque aux diagrammes annuels dont nous venons de parler et qui, se rapportant pour ainsi dire à des accidents journaliers, sont des diagrammes à gradins.

Les uns comme les autres sont susceptibles d'assumer une forme différente de celle qu'on leur donne habituellement.

Au lieu d'enregistrer les valeurs instantanées, maxima, moyennes, minimum de la puissance d'après leur succession chronologique, on peut les enregistrer en les disposant par ordre de grandeur et en tenant compte de leur durée globale, s'il s'agit des valeurs instantanées, et l'on aura alors un nouveau diagramme continu s'étendant encore à 24 ou à 8760 heures; ou bien de leur fréquence, s'il s'agit de valeurs particulières, et l'on aura alors un nouveau diagramme discontinu ou à gradins s'étendant encore à 365 jours.

La suite mettra en évidence l'utilité de cette forme de diagrammes et l'importance du diagramme annuel des puissances instantanées rangées en ordre de grandeur décroissant, et du diagramme annuel des puissances maxima journalières également rangées en ordre de grandeur décroissant.

Examinons maintenant rapidement les formes qu'assument les différentes sortes de diagrammes dont nous venons de parler, soit dans le cas d'un important réseau urbain d'éclairage et de petite force motrice, soit dans le cas d'un important réseau de traction.

II. La charge absorbée par un réseau d'éclairage desservant une grande agglomération et n'alimentant que subsidiairement une faible proportion de moteurs domestiques ou industriels est extrêmement variable.

La figure 1 représente trois diagrammes journaliers de la puissance instantanée; le plus bas se rapporte à une journée de la fin du mois de juillet ou du commencement du mois d'août; le plus haut à une journée de la fin du mois de décembre; l'intermédiaire peut se rapporter soit à une journée fin mars, commencement

d'avril, soit à une journée fin septembre, commencement octobre. Ces diagrammes n'ont d'ailleurs rien d'absolu et nous les donnons purement à titre d'exemple.

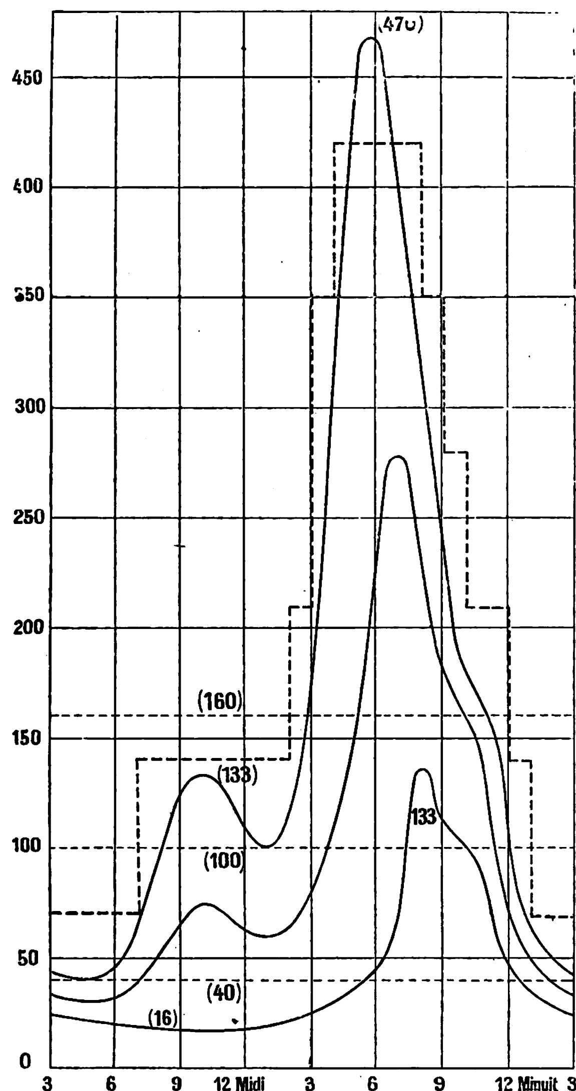


Fig. 1.

Les diagrammes des dimanches et des jours de fête diffèrent sensiblement de ceux des jours ouvrables.

On voit qu'un diagramme journalier quelconque de la puissance instantanée présente un ou deux maxima et autant de minima différents.

On peut noter que les maxima et les minima ne se présentent pas, en toutes saisons, aux mêmes heures de la journée.

Le diagramme annuel de la puissance instantanée présenterait de 600 à 700 maxima et autant de minima différents.

La figure 2 donne une idée de la manière dont peuvent se présenter les diagrammes annuels chronologiques des puissances journalières maxima, moyennes (calculées en rapportant l'énergie consommée journellement à 24 heures) et minimum.

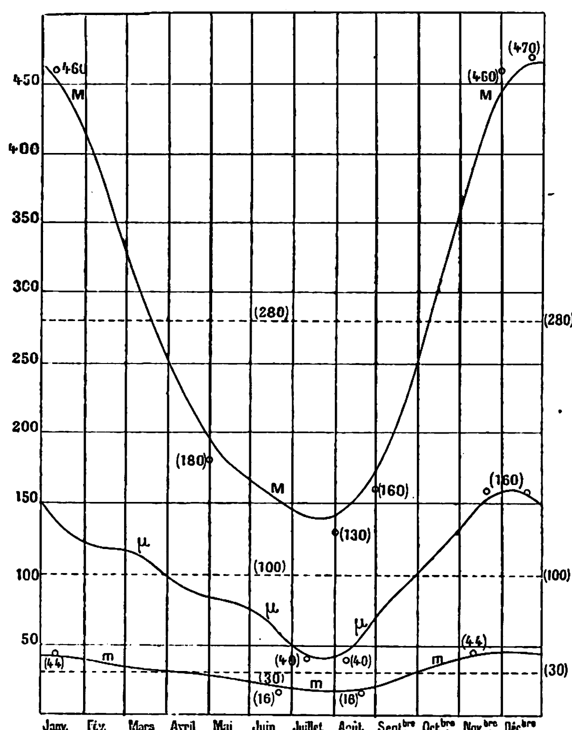


Fig. 2.

Dans l'exemple correspondant à cette figure, si l'on représente par 100 la demande moyenne annuelle de puissance de la part du réseau (calculée en rapportant l'énergie consommée annuellement à 8760 heures), la charge moyenne journalière varie approximativement de 40 à 160, alors que la charge minimum journalière [1] reste *grosso modo* entre les limites de 16 et 44 (moyenne de 30 environ) et que la charge maximum journalière varie *grosso modo* entre les extrêmes de 130 à 470 (moyenne de 280 environ).

Quoique n'ayant rien d'absolu, ces chiffres sont très expressifs.

On peut noter en passant que les valeurs maxima, moyennes et minima des charges journalières maxima, moyennes et minima ne se présentent pas les mêmes jours de l'année.

Le diagramme annuel des charges maxima journalières, en outre, passe généralement au-dessous de son

[1] Les minima sont relativement plus élevés dans le cas d'une agglomération où l'éclairage public serait fait en très grande partie à l'électricité. Nous avons supposé, au contraire, que d'autres moyens d'éclairage étaient en usage concurremment à l'électricité. C'est le cas, par exemple, de la Ville de Paris.

ordonnée moyenne 195 à 200 jours par an, alors qu'il ne passe au-dessus de cette ordonnée moyenne que 160 à 165 jours par an environ.

La figure 3 donne une idée de la manière dont peuvent se présenter le diagramme annuel des puissances instantanées et les diagrammes annuels des puissances journalières maxima (MM'), moyennes ($\mu\mu'$), minima (mm') disposés en ordre décroissant de grandeur.

Fig. 3.

Le diagramme annuel des puissances instantanées rangées dégressivement $M\alpha\omega m'$ de cette figure présente deux branches : la branche supérieure $\alpha\varphi\omega$ inclut et la branche inférieure $\alpha\psi\omega$ exclut les puissances instantanées qui interviennent dans la constitution du mamelon que présentent la plupart des diagrammes journaliers pendant la matinée.

L'aire comprise entre le diagramme $M\alpha\omega m'$ et l'axe des durées d'utilisation représente l'énergie absorbée annuellement par le réseau, c'est-à-dire à une échelle déterminée 100 × 8760.

La courbe *ohkrs* que nous avons tracée sur la même figure 3 représente l'intégrale du diagramme $m'\omega\alpha M$, en prenant comme variable indépendante la puissance (l'ordonnée).

Chaque point de cette courbe indique donc qu'à l'utilisation de toutes les puissances inférieures à une certaine valeur p (ordonnée dudit point) correspond une certaine fraction, x pour 100 (abscisse dudit point), de l'énergie absorbée annuellement par le réseau. Il est facile de déduire la fraction $100 - x$ pour 100 de cette énergie qui correspond à l'emploi de puissances dépassant ladite valeur p.

Considérons, à titre d'application, les puissances représentées par les trois chiffres 100, 140 et 200 (100 étant toujours la charge moyenne annuelle du réseau).

Le diagramme annuel des puissances instantanées rangées dégressivement $M\alpha\omega m'$ montre que, dans l'exemple choisi, la puissance absorbée par le réseau ne passe au-dessus de ces trois valeurs que pendant 3300, 1800 et 1000 heures par an seulement (sur 8760).

Le diagramme annuel des puissances journalières maximum MM' montre que néanmoins la puissance absorbée par le réseau peut à l'occasion atteindre ou dépasser ces trois valeurs 365, 315 et 225 jours par an (sur 365).

La courbe auxiliaire O*hkrs* montre que l'énergie absorbée par le réseau, pendant tout le temps où sa demande de puissance ne dépasse pas les trois limites indiquées, atteint déjà le 69, le 80,5 et le 90 pour 100 de l'énergie que le réseau absorbe pendant l'année tout entière.

III. Si l'on fait abstraction des variations purement accidentelles et momentanées, la charge absorbée par un réseau de traction desservant une grande agglomération, quoique encore très variable, l'est toutefois beaucoup moins que la charge absorbée par un réseau d'éclairage.

La figure 4 peut servir à donner une idée grossière de la manière dont varie, pendant la durée du service journalier, la charge absorbée par un pareil réseau à des époques différentes de l'année, le diagramme inférieur se rapportant à une journée d'été, le diagramme supérieur à une journée d'hiver et le diagramme intermédiaire à une journée de mi-saison.

Fig. 4.

Les diagrammes des jours ouvrables présentent généralement deux et quelquefois trois maxima journaliers. Ceux des dimanches et des jours fériés en présentent un seul ou quelquefois deux.

Ici encore les maxima et les minima n'ont pas lieu en toutes saisons aux mêmes heures de la journée.

Le diagramme annuel présenterait de 700 à 1000 maxima, de 400 à 600 minima et 365 suspensions de service.

L'ordonnée moyenne des diagrammes journaliers subit encore, au cours de l'année, certains écarts; mais ceux-ci ne sont pas énormes.

La figure 5 peut servir à donner une idée des formes

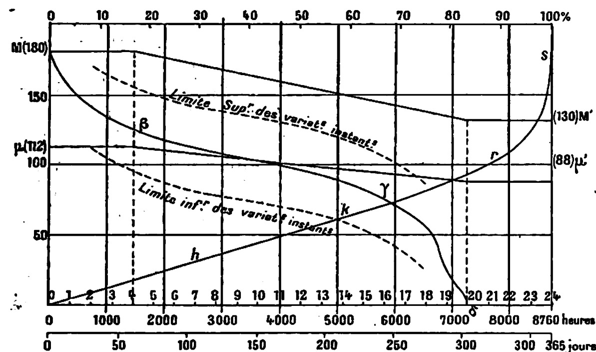


Fig. 5.

que peuvent assumer le diagramme annuel des puissances instantanées et les diagrammes annuels des puissances journalières maxima, moyennes (calculées en rapportant l'énergie consommée journellement à la durée journalière du service qui est généralement de 20 heures), disposées en ordre décroissant de grandeur.

Si l'on représente par 100 la charge moyenne annuelle (calculée maintenant en rapportant l'énergie consommée annuellement à 7300 heures), la charge moyenne journalière varie approximativement, dans l'exemple choisi, de 87 à 113, alors que la charge maximum journalière varie *grosso modo* de 130 à 180 (moyenne de 155 environ sans compter, bien entendu, les à-coups momentanés).

On voit qu'on est bien loin des fluctuations qui se produisent sur le réseau d'éclairage.

Le diagramme annuel des puissances instantanées rangées dégressivement M βγδ, limité à 7300 heures, a tout autre allure pour un réseau d'éclairage.

L'aire comprise entre ce diagramme et l'axe des durées d'utilisation représente encore l'énergie absorbée annuellement par le réseau, c'est-à-dire à une échelle déterminée 100×7300.

La courbe *ohkrs* tracée sur la figure 5 représente encore l'intégrale du diagramme δγβM, en prenant comme variable indépendante la puissance (l'ordonnée).

Considérons, à titre d'applications, les puissances représentées par les deux chiffres 100 et 140.

Le diagramme annuel des puissances instantanées rangées dégressivement M βγδ montre que, dans l'exemple choisi, la puissance absorbée par le réseau passe au-dessus de ces deux valeurs pendant 3600 et 750 heures par an (sur 7300).

Le diagramme annuel des puissances journalières maximum MM' montre que la puissance absorbée par le réseau a l'occasion d'atteindre ou de dépasser ces deux valeurs 365 et 260 jours par an (sur 365).

La courbe auxiliaire *ohkrs* montre que l'énergie absorbée par le réseau pendant tout le temps où sa demande d'énergie ne dépasse pas les deux limites indiquées atteint déjà 87 et 98 pour 100 de l'énergie que le réseau absorbe pendant l'année tout entière.

IV. Supposons maintenant, uniquement pour fixer les idées, que, 100 étant toujours la puissance annuelle absorbée par le réseau, la centrale soit pourvue d'unités électrogènes, dont la puissance normale soit 30.

Supposons, en outre, que de cette puissance, une partie proportionnelle à 2 étant nécessaire pour subvenir à l'alimentation des services auxiliaires de l'usine, une partie proportionnelle à 28 soit réellement utilisable pour l'alimentation du réseau. Supposons finalement de ne pas compter normalement sur la capacité de surcharge de ces unités.

Traçons, sur une même figure comprenant le diagramme annuel des débits instantanés, celui des maxima journaliers et la courbe intégrale de l'énergie, caractéristiques du réseau à alimenter, une série de droites parallèles à l'axe des durées, des fréquences d'utilisation et des pourcentages d'énergie et présentant entre elles et avec cet axe une équidistance proportionnelle au chiffre 28.

Cet axe et ces parallèles équidistantes limiteront dans une direction l'axe des puissances, et lesdits diagrammes et courbe limiteront dans l'autre direction trois séries de trapèzes successifs (16 dans le cas éclairage, 6 dans le cas traction). Les trois trapèzes compris entre deux parallèles successives, et dont le rang sera compté à partir de l'axe des durées, fréquences et pourcentages, sont susceptibles de représenter assez complètement le fonctionnement annuel de l'unité de même rang. Bien entendu, ce rang se rapporte à l'ordre de la mise en service et n'a aucun rapport avec un numérotage quelconque des unités, qui sont supposées ici absolument interchangeables.

La base inférieure de celui de ces trois trapèzes qui est limité par le diagramme annuel des débits instantanés indiquera la durée d'utilisation annuelle effective de l'unité; la base supérieure en indiquera la durée d'utilisation à pleine charge; la différence entre les deux bases la durée d'utilisation à charge réduite. Un triangle mixtiligne pourra être détaché du trapèze pour représenter particulièrement la marche annuelle à charge variable de l'unité du rang considéré.

La base inférieure de celui des trois trapèzes qui est limité par le diagramme des maxima journaliers indiquera le nombre de jours où l'unité dudit rang doit être mise en service actif pendant l'année.

La différence entre les deux bases inférieure et supérieure de celui des trois trapèzes qui est limité par la courbe intégrale de l'énergie indiquera la fraction de l'énergie absorbée annuellement par le réseau, qui est à fournir au moyen de l'unité du rang considéré.

Les triangles mixtilignes de même hauteur représentant la marche variable des différentes unités, et le triangle, de hauteur égale ou moindre, qui couronnera la série des trapèzes découpés dans le diagramme annuel des débits instantanés, peuvent être totalisés en additionnant les abscisses correspondant à une même ordonnée. On obtient un triangle mixtiligne ayant pour hauteur la puissance utile d'une unité (28 dans l'exemple choisi) et pour base la durée de marche de l'usine

(8760 ou 7300 heures). Ce nouveau triangle constituera le diagramme de la marche annuelle à charge variable de l'ensemble des unités actives de l'usine.

V. Supposons que la consommation horaire de vapeur de l'unité de rang n puisse être représentée avec une approximation suffisante par une fonction linéaire $a_n + b_n p_n$ de sa charge p_n; la consommation pendant une durée t_n de fonctionnement à charge variable sera donnée par l'expression

$$a_n t_n + b_n \int p_n dt = a_n t_n + b_n e_n,$$

où e_n est l'énergie débitée par l'unité dans cette période de fonctionnement.

Dans le cas de plusieurs unités marchant ensemble, la consommation globale sera donnée par l'expression

$$\sum a_n t_n + \sum b_n e_n,$$

et, si toutes les unités sont identiques, par

$$a \sum t_n + b \sum e_n = a\mathrm{T} + b\mathrm{E},$$

où T est l'ensemble des durées de fonctionnement et E l'ensemble des débits des différentes unités.

On voit que la manière de varier de la charge et la manière dont la charge se distribue entre les différentes unités sont sans influence sur la consommation globale. Celle-ci dépend exclusivement des éléments T et E que, soit le diagramme annuel des débits instantanés (seul ou accompagné de la courbe intégrale de l'énergie), soit ce triangle mixtiligne de la marche annuelle à charge variable, selon le cas, sont aptes à déterminer.

Quant au diagramme des maxima journaliers, il renseignera sur le nombre de fois qu'une unité doit être mise en marche pendant l'année, opération qui exige une consommation supplémentaire de vapeur.

L'hypothèse d'une consommation horaire fonction linéaire de la charge est très sensiblement vérifiée en pratique quand les unités sont constituées par des turbo-alternateurs marchant à condensation.

Telle est désormais, peut-on dire, la seule éventualité à considérer dans l'étude des grandes centrales modernes.

On voit par là quelle importance pratique peuvent assumer, dans cette étude, les diagrammes, la courbe et le triangle mixtiligne, dont nous venons de suggérer la considération.

VI. Nous allons donc maintenant considérer l'emploi, comme unités électrogènes, de turbo-alternateurs à haute tension, à une fréquence de 25 à 50 périodes par seconde, à une vitesse de rotation modérée, alimentés par de la vapeur à une pression d'environ 13 kg : cm² et à une température d'environ 300° C., marchant à condensation, disposant de l'eau nécessaire pour l'obtention d'un bon vide, et pourvus de tous les perfectionnements pouvant amener le maximum d'économie en exploitation.

Nous supposerons que les consommations de vapeur de pareils alternateurs soient celles renseignées par le Tableau ci-dessous. Ces consommations, établies en coordonnant entre eux des renseignements de différentes sources et assez disparates, n'ont évidemment rien d'absolu. Mais leurs valeurs relatives nous paraissent suffisamment rapprochées de la réalité pour justifier les conclusions auxquelles elles amèneront.

TABLEAU I.

PUISSANCE nominale du turbo-alternateur en kilowatts.	CONSOMMATION DE VAPEUR EN KILOGRAMMES					
	pour le chauffage du groupe (par demi-heure).	pour l'entretien de la température (par heure).	pour la mise en vitesse du groupe (par quart d'heure).	pour l'entretien du mouvement (par heure).	pour la marche à vide (excitation et condensation comprises) (par heure).	pour la production d'un kilowatt-heure aux bornes.
12000	1400	350	2100	3850	8400	5,00
10000	1335	300	2000	3600	8000	5,05
8000	1200	250	1800	3200	7200	5,15
6000	1000	200	1500	2650	6000	5,30
4000	735	150	1100	1950	4400	5,50
2000	400	100	600	1100	2400	5,75

Les chiffres de l'avant-dernière colonne de ce Tableau ne sont autre chose que les coefficients a_n, et ceux de la dernière colonne que les coefficients b_n cités plus haut.

Dans la pratique courante, les consommations réelles dépasseront ces consommations théoriques de 5 à 15 pour 100. Comme on le verra, cette circonstance ne fera que donner plus de poids aux conclusions auxquelles nous aboutirons sans en tenir compte.

Nous supposerons ensuite que les écarts entre les consommations de charbon que nous aurons à constater n'exigent pas d'augmentations ou de diminutions dans la capacité évaporatrice normale de l'ensemble des chaudières et que, en comptant exclusivement la con-

sommation de charbon correspondante, le prix de la vapeur s'établisse en chiffre rond à 3fr la tonne, quoique ce prix soit fréquemment dépassé.

Nous supposerons encore : que les prix des unités électrogènes absolument complètes (turbo-alternateurs avec condenseurs, moteurs, pompes, compteurs, tuyauteries, vannes, filtres, raccordements, tableaux, organes de réserve, etc.), que les surfaces occupées par ces unités dans la salle des machines, et que les prix des travaux et constructions nécessaires pour leur installation et leur fonctionnement (terrassements, bâtiments, galeries, puits, etc.) ne s'écartent pas beaucoup des chiffres ronds renseignés par le Tableau ci-dessous.

Nous supposerons finalement que le matériel mécanique et électrique et que les travaux et constructions donnent lieu aux charges relatives annuelles suivantes :

TABLEAU II.

PUISSANCE nominale du turbo-alternateur en kilowatts.	PRIX de l'unité complète.	DIMENSIONS du turbo-alternateur.	SURFACE occupée par l'unité complète.	PRIX des travaux et constructions.	PRIX D'ENSEMBLE (le terrain exclu).
	fr	m m	m²	fr	fr
12000	850000	19,5 × 6,0	400	100000	950000
10000	750000	18,0 × 5,5	360	90000	840000
8000	650000	16,5 × 5,0	320	80000	730000
6000	570000	15,0 × 4,5	280	70000	620000
4000	460000	13,5 × 4,0	245	60000	510000
2000	350000	12,0 × 3,5	210	50000	400000

	Matériel pour 100.	Construction pour 100.
Intérêt du capital	4,00	4,00
Amortissement du capital	1,35	1,35
Entretien et réparations	2,65	0,65
Renouvellement partiel	2,00	0,00
Total	10,00	6,00

Dans ces conditions chaque unité électrogène de la centrale donnera lieu aux charges absolues annuelles suivantes :

TABLEAU II *bis*.

PUISSANCE NOMINALE du turbo-alternateur en kilowatts.	SALLE DES MACHINES.			
	Matériel.	Constructions.	Ensemble (le terrain exclu).	Charge par kilowatt et par an.
	fr	fr	fr	fr
12000	85000	6000	91000	7,58
10000	75000	5400	80400	8,04
8000	65000	4800	69800	8,73
6000	55000	4200	59200	9,87
4000	45000	3600	48600	12,15
2000	35000	3000	38000	19,00

Quant au personnel nécessaire à la conduite des unités électrogènes, il reste sensiblement le même quelle que soit la puissance de ces unités, si les dispositions topographiques adoptées pour leur installation sont à peu près comparables.

En thèse générale on peut dire que la conduite d'une unité électrogène complète pendant une heure de marche effective peut varier de 1fr,80 à 2fr,70. Nous nous baserons donc sur la moyenne de 2fr,25.

VII. Nous allons examiner maintenant les conséquences de l'adoption d'unités électrogènes de différentes puissances dans le cas de centrales de différentes importances pour l'agencement d'usines destinées à l'alimentation de réseaux d'éclairage et de traction qui présenteraient des diagrammes de charge ne différant pas énormément de ceux que nous avons considérés à titre d'exemple et pour fixer les idées aux paragraphes II et III respectivement.

Nous résumerons comme suit les conditions générales de fonctionnement du réseau et de la centrale dans les différents cas que nous aurons à considérer.

En ce qui concerne les installations nous supposerons qu'en dehors des unités nécessaires au service et susceptibles de pourvoir, en même temps qu'aux besoins intérieurs de l'usine, à la plus forte demande de puissance

TABLEAU III.

ÉCLAIRAGE.	A.	B.	C.
Réseau.			
Énergie absorbée annuellement en millions de kilowatts-heure.	141	94	47
Charge maxima annuelle en kilowatts	75000	50000	25000
» moyenne »	16200	10800	5400
» minima »	2700	1800	900
Centrale.			
Énergie produite annuellement en millions de kilowatts-heure.	150	100	50
Charge moyenne annuelle en kilowatts	17100	11400	5700
TRACTION.	**D.**	**E.**	**F.**
Réseau.			
Énergie absorbée annuellement en millions de kilowatts-heure.	198	132	66
Charge maxima annuelle en kilowatts	48000	32000	16000
» moyenne »	27000	18000	9000
Centrale.			
Énergie produite annuellement en millions de kilowatts-heure .	210	140	70
Charge moyenne annuelle en kilowatts	28500	19000	9500

du réseau sans compter une surcharge très réduite, il y ait au moins deux et au plus quatre unités de réserve, de manière à contenir dans des limites raisonnables la puissance installée dans les différents cas et hypothèses à examiner.

Dans ces conditions la composition de la salle des machines de la centrale est, dans les différents cas et hypothèses que nous désirons prendre en considération, telle qu'elle résulte du Tableau ci-dessus, qui indique en même temps les charges annuelles auxquelles donnent lieu les différentes solutions envisagées.

On voit que les charges annuelles suivent des progressions rendues irrégulières par des écarts de la puissance installée, et que nos hypothèses favorisent plutôt les petites unités que les grandes, ce qui donnera plus de poids à nos conclusions.

En ce qui concerne l'exploitation, nous supposerons qu'en dehors des machines en service effectif, il y ait constamment une machine de réserve prête à être mise en activité, et qu'en raison du roulement du matériel, cette machine ait eu une occasion récente de travailler et n'ait, partant, pas donné lieu à une mise en marche

TABLEAU IV.

ÉCLAIRAGE. — Puissance nominale des turbo-alternateurs en kilowatts.	A. Nombre des unités. Actives.	A. En réserve.	A. Installées.	A. Puissance installée en kilowatts.	A. Charges annuelles.	B. Nombre des unités. Actives.	B. En réserve.	B. Installées.	B. Puissance installée en kilowatts.	B. Charges annuelles.	C. Nombre des unités. Actives.	C. En réserve.	C. Installées.	C. Puissance installée en kilowatts.	C. Charges annuelles.
					fr					fr					fr
12 000	6	2	8	96 000	728 000	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
10 000	7	3	10	100 000	804 000	5	2	7	70 000	562 800	»	»	»	»	»
8 000	9	3	12	96 000	837 600	6	2	8	64 000	558 400	3	2	5	40 000	349 000
6 000	12	4	16	96 000	947 200	8	3	11	66 000	651 200	4	2	6	36 000	355 200
4 000	»	»	»	»	»	12	4	16	64 000	777 600	6	2	8	32 000	388 800
2 000	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	12	4	16	32 000	508 000

Tableau IV (suite).

TRACTION. — Puissance nominale des turbo-alternateurs en kilowatts.	D. Nombre des unités. Actives.	En réserve.	Installées.	Puissance installée en kilowatts.	Charges annuelles.	E. Nombre des unités. Actives.	En réserve.	Installées.	Puissance installée en kilowatts.	Charges annuelles.	F. Nombre des unités. Actives.	En réserve.	Installées.	Puissance installée en kilowatts.	Charges annuelles.
					fr					fr					fr
12 000.....	4	2	6	72 000	546 000	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
10 000.....	5	2	7	70 000	562 800	3	2	5	50 000	402 000	»	»	»	»	»
8 000.....	6	2	8	64 000	558 000	4	2	6	48 000	418 800	2	2	4	32 000	279 200
6 000.....	8	3	11	66 000	651 200	5	2	7	42 000	414 400	3	2	5	30 000	296 000
4 000.....	»	»	»	»	»	8	3	11	44 000	534 600	4	2	6	24 000	291 600
2 000.....	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	8	3	11	22 000	418 000

supplémentaire. Cela fera 8760 ou 7300 heures d'entretien de température selon qu'il s'agit d'un service d'éclairage ou d'un service de traction.

Nous supposerons encore que, chaque jour de mise en service d'une machine, une mise en marche complète ait eu lieu, comprenant le chauffage (en une demi-heure), une demi-heure d'entretien de température, la mise en vitesse (en un quart d'heure) et un quart d'heure d'entretien du mouvement.

Nous supposerons finalement que chaque jour de mise en marche d'une machine, à cause de l'incertitude du diagramme journalier, cette machine soit connectée aux barres une demi-heure plus tôt et déconnectée des barres une demi-heure plus tard que ne l'exigerait réellement la demande de puissance du réseau.

En réalité, une machine ayant cessé de fonctionner depuis quelques heures seulement ne demande pas, pour sa mise en marche, autant de vapeur qu'en demande une machine inactive depuis longtemps. L'hypothèse d'une mise en marche complète pour chaque journée de service conduit à prévoir un léger excès de consommation de vapeur. Par contre, l'incertitude du diagramme journalier conduit à faire marcher une machine plus longtemps qu'une heure en dehors de la période de temps où son intervention est vraiment indispensable à l'alimentation du réseau.

Dans les conditions que nous venons d'exposer chaque mise en service d'une unité donne lieu aux consommations supplémentaires suivantes :

Tableau V.

Puissance nominale des turbo-alternateurs.	Consommation de vapeur pour le chauffage et la mise en vitesse.	pour la marche sans nécessité absolue.	supplémentaire globale.
kw	kg	kg	kg
12 000	4640	8400	13 040
10 000	4385	8000	12 385
8 000	3925	7200	11 125
6 000	3260	6000	9 260
4 000	2400	4400	6 800
2 000	1325	2400	3 725

VIII. Si l'on se reporte aux diagrammes annuels des débits instantanés et des maxima journaliers de la figure 3, pour l'éclairage, et de la figure 5, pour la traction ; si l'on suppose que le chiffre 100 représente dans le premier cas successivement 16200, 10800 et 5400 kilowatts, et dans le second cas successivement 27000, 18000 et 9000 kilowatts ; si l'on subdivise ensuite, en tenant compte des six échelles ainsi déterminées, lesdits diagrammes en tranches proportionnelles aux puissances utiles de 11250, 9375, 7500, 5625, 3750 et 1875 kilowatts correspondant aux puissances nominales de 12000, 10000, 8000, 6000, 4000 et 2000 kilowatts ; si l'on mesure et additionne les bases inférieures des trapèzes ainsi déterminés, on arrive à la détermination des jours d'emploi et des heures de service par an des différentes unités dans les différents cas et hypothèses que nous considérons. Ces résultats sont consignés dans les Tableaux suivants :

Tableau VI.

PUISSANCE nominale des turbo-alternateurs.	ÉCLAIRAGE. A. Jours d'emploi par an.	A. Heures de service par an.	B. Jours d'emploi par an.	B. Heures de service par an.	C. Jours d'emploi par an.	C. Heures de service par an.
kw 12 000	1535	16 900	»	»	»	»
10 000	1790	19 300	1265	14 700	»	»
8 000	2225	23 100	1535	16 900	840	11 100
6 000	2920	29 500	1985	21 000	1080	13 000
4 000	»	»	2920	29 500	1535	16 900
2 000	»	»	»	»	2920	29 500

Tableau VI (suite).

PUISSANCE nominale des turbo-alternateurs.	TRACTION. D. Jours d'emploi par an.	D. Heures de service par an.	E. Jours d'emploi par an.	E. Heures de service par an.	F. Jours d'emploi par an.	F. Heures de service par an.
kw 12 000	1460	20 900	»	»	»	»
10 000	1730	24 600	1095	17 500	»	»
8 000	2095	29 700	1460	20 900	730	12 800
6 000	2785	38 300	2025	26 900	1095	15 000
4 000	»	»	2785	38 300	1460	20 000
2 000	»	»	»	»	2785	38 300

Notons de suite que la durée de marche des unités, après chaque mise en service, varie en moyenne de 10 à 13 heures, dans le cas de l'éclairage, et de 13 h. 45 min. à 17 h. 30 min. dans le cas de la traction.

D'après les résultats trouvés les dépenses annuelles pour le personnel affecté à la conduite des turbo-alternateurs s'établissent comme suit :

Tableau VII.

PUISSANCE nominale des turbo-alternateurs.	ÉCLAIRAGE. A.	B.	C.	TRACTION. D.	E.	F.
kw	fr	fr	fr	fr	fr	fr
12 000	38 000	»	»	47 000	»	»
10 000	43 500	33 200	»	54 400	39 300	»
8 000	52 000	38 000	25 000	66 800	47 000	28 800
6 000	66 400	47 200	29 200	86 400	60 600	33 700
4 000	»	66 400	38 000	»	86 400	47 000
2 000	»	»	66 400	»	»	86 400

Ce Tableau suppose que l'excédent du personnel indispensable pendant les saisons de forte charge par rapport au personnel utile pendant les saisons de faible charge trouve dans l'exploitation pendant ces dernières un autre emploi intéressant. Dans le cas contraire, les charges annuelles pour le personnel affecté à la conduite des unités électrogènes peuvent diverger encore davantage dans le sens trouvé.

En tenant compte des prémisses faites au paragraphe VII, les consommations de vapeur globale annuelle et unitaire par kilowatt-heure sortant de l'usine résultent telles qu'elles sont renseignées par le Tableau suivant.

En raison de la remarque faite au paragraphe VI, ces chiffres pourront être dépassés en pratique de 5 à 10 pour 100, ce qui augmente d'autant les différences entre ces chiffres.

La deuxième partie de ce Tableau ne renseigne pas seulement sur les consommations unitaires relatives, pour un même débit annuel, dans le cas d'emploi d'unités de puissances différentes, mais encore sur les consommations unitaires relatives, pour des débits annuels différents, avec des diagrammes annuels comparables, dans le cas d'emploi d'unités d'une puissance donnée (*voir* surtout les chiffres se rapportant à l'emploi d'unités de 8000 et de 6000 kilowatts).

Tableau VIII.

Puissance nominale des turbo-alternateurs.	Consommations globales annuelles de vapeur en milliers de tonnes.						Consommation unitaire de vapeur en kilogs par kilowatt-heure sortant.					
	Éclairage.			Traction.			Éclairage.			Traction.		
	A	B.	C.	D.	E.	F.	A.	B.	C.	D.	E.	F.
kw 12 000	915	»	»	1247	»	»	6,49	»	»	6,30	»	»
10 000	937	641	»	1281	863	»	6,64	6,82	»	6,47	6,55	»
8 000	966	656	349	1320	890	463	6,85	6,96	7,43	6,67	6,75	7,01
6 000	1001	676	355	1370	924	473	7,10	7,18	7,56	6,92	7,01	7,16
4 000	»	701	361	»	959	488	»	7,45	7,68	»	7,27	7,40
2 000	»	»	370	»	»	506	»	»	7,88	»	»	7,66

La figure 6, qui rapproche graphiquement les résultats de la deuxième partie de ce Tableau, permet de conclure de la manière suivante :

Dans des usines modernes destinées à débiter annuellement

50, 100, 150, 200 millions de kilowatts-heure,

la consommation moyenne de vapeur par kilowatt-heure sortant est respectivement de

$7^{kg},550$, $7^{kg},050$, $6^{kg},800$, $6^{kg},650$

plus ou moins $0^{kg},400$, selon la grandeur des unités employées (sauf le cas de disproportion manifeste entre l'importance de la centrale et la grandeur de ses unités). Les valeurs extrêmes de la consommation offrent donc entre elles des écarts qui varient de 10 à 12 pour 100 de sa valeur moyenne.

La même figure montre que, dans lesdites limites du débit annuel, une augmentation de 1000 kilowatts dans la puissance normale des unités installées abaisse en moyenne la consommation de vapeur de $0^{kg},108$ environ, ce qui correspond à une économie de charbon de $0^{fr},324$ par kilowatt-heure sortant.

Les dépenses annuelles en charbon dans les différents cas et hypothèses pris à étudier s'établissent donc comme suit :

Tableau IX.

Puissance nominale des turbo-alternateurs.	Éclairage.			Traction.		
	A.	B.	C.	D.	E.	F.
kw	fr	fr	fr	fr	fr	fr
12 000	2 745 000	»	»	3 741 000	»	»
10 000	2 811 000	1 923 000	»	3 843 000	2 589 000	»
8 000	2 898 000	1 968 000	1 047 000	3 960 000	2 670 000	1 389 000
6 000	3 003 000	2 028 000	1 065 000	4 110 000	2 772 000	1 419 000
4 000	»	2 103 000	1 083 000	»	2 877 000	1 464 000
2 000	»	»	1 110 000	»	»	1 518 000

7...

IX. Si l'on réunit maintenant les charges annuelles pour intérêt, amortissement, entretien, réparations et renouvellement (Tableau IV) avec les dépenses annuelles pour le personnel affecté à la conduite des turbo-alternateurs (Tableau VII) et avec les dépenses annuelles pour le combustible (Tableau IX), charges et dépenses qui, sans épuiser les frais d'exploitation variables avec la puissance et le nombre des unités choisies, sont néanmoins de beaucoup les plus importantes à considérer, on obtient le Tableau suivant :

TABLEAU X.

PUISSANCE nominale des turbo-alternateurs.	ÉCLAIRAGE.			TRACTION.		
	A.	B.	C.	D.	E.	F.
kw	fr	fr	fr	fr	fr	fr
12 000	3 511 000	»	»	4 334 000	»	»
10 000	3 658 500	2 519 000	»	4 460 200	3 030 600	»
8 000	3 787 600	2 564 400	1 421 000	4 585 200	3 135 800	1 697 000
6 000	4 016 600	2 726 400	1 449 000	4 847 600	3 247 000	1 748 700
4 000	»	2 947 000	1 509 800	»	3 498 000	1 802 600
2 000	»	»	1 684 400	»	»	2 022 400

Ces résultats sont affectés par les irrégularités déjà relevées à propos du Tableau IV. Par suite de ces irrégularités, certaines différences, quoique toujours favorables à l'emploi des unités les plus puissantes, peuvent paraître peu importantes. Mais cette circonstance se présente quand, pour l'éclairage, le nombre des unités actives se réduit à trois et quand, pour la traction, le nombre de ces unités se réduit à deux. Il s'agit là, pour nous qui ne voulons parler ici que des grandes centrales, de cas absolument extrêmes. Nous nous contenterons donc de constater que, *même dans ces cas extrêmes, la convenance d'emploi des unités les plus fortes, quoique réduite, persiste toujours.*

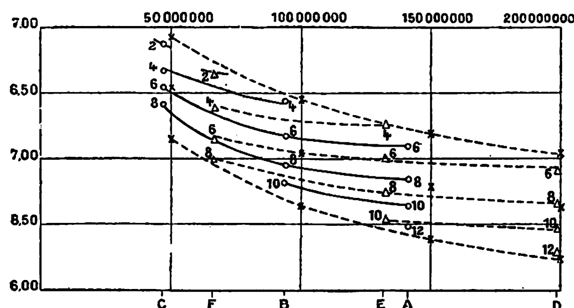


Fig. 6.

Les résultats trouvés démontrent donc bien que l'adoption des unités les plus puissantes qui soient susceptibles de s'adapter au service conduit à une économie sensible, nonobstant l'augmentation de la puissance installée à laquelle cette adoption peut amener. Cet excès de puissance ne peut d'ailleurs, en pratique, que favoriser l'exploitation.

Un rapprochement graphique de ces résultats (analogue à celui exposé pour la consommation unitaire de vapeur) permet de conclure de la manière suivante :

Dans des usines modernes destinées à débiter annuellement 50, 100, 150, 200 millions de kilowatts-heure, les frais d'exploitation variables avec la puissance et le nombre des unités choisies (et énumérés plus haut) se rapprochent des suivants :

a. Si la centrale alimente un réseau d'éclairage :
Moyennes : 1 600 000, 2 875 000, 3 950 000, 4 850 000.
Écarts : ± 150 000, ± 225 000, ± 300 000, ± 350 000.

b. Si la centrale alimente un réseau de traction :
Moyennes : 1 450 000, 2 625 000, 3 625 000, 4 575 000.
Écarts : ± 150 000, ± 225 000, ± 275 000, ± 325 000.

Les valeurs extrêmes desdits frais variables offrent donc entre elles des écarts qui varient de 20 à 14 pour 100 de leur valeur moyenne.

Ces écarts se traduisent par des différences de prix pour le kilowatt-heure sortant.

a. Dans le cas de l'éclairage, de 7, 4,5, 4 et 3,5 millimes.

b. Dans le cas de la traction, de 6, 4,5, 3,67 et 3,25 millimes.

Ces différences, conformément aux hypothèses que nous avons faites, se rapportent à un écart de 6000 kilowatts entre les deux puissances nominales extrêmes admises pour les unités électrogènes.

X. Nous allons aborder maintenant une recherche spéciale : celle de la convenance qu'il peut y avoir à installer et à utiliser subsidiairement une ou plusieurs unités de puissance plus réduite que celle des unités principales de la centrale.

Nous nous servirons, pour cette recherche, du triangle mixtiligne constituant le diagramme de la marche annuelle à charge variable de l'ensemble des unités actives de l'usine et dont il a été question au paragraphe IV.

Ce diagramme général, résultant de la totalisation de diagrammes particuliers représentant la marche annuelle à charge variable des différentes unités rangées selon leur ordre de mise en service, s'écarte de la forme

du diagramme annuel des débits instantanés (avec lequel il se confondrait dans le cas où une seule unité suffirait à satisfaire à toutes les demandes du réseau), d'autant plus que les unités actives de l'usine sont plus nombreuses, pour se rapprocher continuellement de la forme d'un triangle rectangle à hypoténuse rectiligne.

Ainsi, dans le cas de l'éclairage (*fig.* 7), l'écart entre

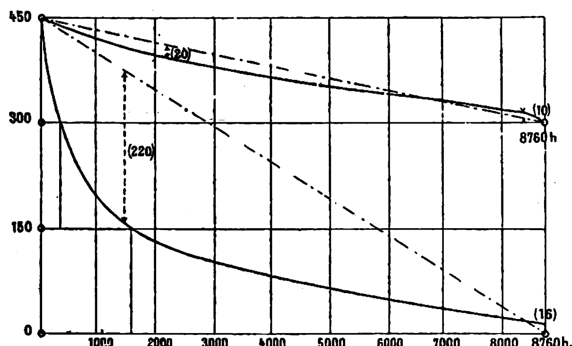


Fig. 7.

les ordonnées du diagramme des débits instantanés et les ordonnées d'une droite aboutissant aux mêmes points des deux axes présente un premier maximum dans le sens de la concavité, de l'ordre de 50 pour 100 de l'ordonnée maximum dudit diagramme, placé dans le premier tiers du diagramme (côté des charges élevées) et un deuxième maximum dans le sens de la convexité, d'un ordre très réduit, à l'autre extrémité du diagramme.

Si l'on suppose que les unités actives nécessaires soient seulement trois, d'une puissance utile égale à $\frac{1}{3}$ du débit maximum annuel, on trouve que les écarts entre les ordonnées du diagramme représentant la marche annuelle à charge variable de l'ensemble de ces trois unités et les ordonnées d'une droite coterminale n'atteignent pas 4,5 pour 100 de l'ordonnée maximum du diagramme annuel des débits instantanés, soit 13,5 pour 100 de la puissance utile des unités considérées.

Dans le cas de la traction (*fig.* 8), l'écart entre les

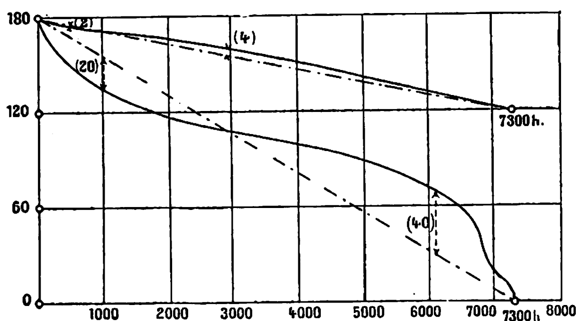


Fig. 8.

ordonnées du diagramme annuel des débits instantanés et les ordonnées d'une droite joignant ses deux extrémités présente un premier maximum dans le sens de la convexité, de l'ordre de 20 à 25 pour 100 de l'ordonnée maximum, dans le troisième tiers du diagramme (côté des charges réduites), et un deuxième maximum dans le sens de la concavité, de l'ordre de 10 à 15 pour 100 de l'ordonnée maximum, dans le premier tiers du diagramme.

Si l'on suppose de nouveau que les unités actives nécessaires soient seulement trois comme plus haut, on trouve que les écarts entre les ordonnées du diagramme représentant la marche annuelle à charge variable de l'ensemble de ces trois unités et les ordonnées d'une droite coterminale n'atteignent pas 2,25 pour 100 de l'ordonnée maximum du diagramme annuel des débits instantanés, soit de 6,75 pour 100 de la puissance utile des unités considérées.

Nous avons pris à examiner de nombreux diagrammes de fonctionnement à charge variable correspondant à différents cas et hypothèses, y compris quelques diagrammes dont les ordonnées offraient, par rapport aux ordonnées correspondantes d'un diagramme rectiligne, des écarts dépassant même 16 pour 100 de la puissance commune des unités actives principales.

Nous avons donc tenu compte même des cas tout à fait extrêmes et peu compatibles avec l'inclusion de l'usine parmi les grandes centrales.

Nous avons supposé ensuite qu'au moment où la charge utile de l'unité électrogène passait au-dessous d'une certaine valeur, cette unité était remplacée par une autre de puissance moindre marchant seule à charge variable : car, d'après la formule

$$c = \Sigma a_n t_n + \Sigma b_n e_n$$

et les chiffres des dernières colonnes du Tableau I, quand deux unités de puissances différentes marchent en parallèle, il y a toujours avantage à faire marcher l'unité la plus forte à pleine charge et à confier la charge variable à l'unité la plus faible; nous avons fait varier cette valeur et cette puissance; puis, en excluant la marche en surcharge des unités principales et en négligeant les mises en services supplémentaires de l'unité auxiliaire, pour donner plus de poids aux déductions qui suivront, nous avons déterminé pour chaque combinaison la consommation de vapeur annuelle correspondante.

Ces recherches nous ont conduits aux conclusions suivantes :

1° L'emploi continuel des unités principales (dont nous représenterons la puissance normale par 10), pendant les 8760 ou les 7300 heures de régime variable, conduit à une consommation de vapeur relative maximum.

Dans le cas limite d'un triangle de fonctionnement rectiligne, c'est-à-dire pour une charge uniformément décroissante depuis la pleine charge jusqu'à charge nulle, ces consommations s'établissent comme suit :

Unités de : 12, 10, 8, 6, 4, 2 mille kw.

En 8760 heures : 335, 291, 243, 192, 135, 71,5 milliers de tonnes de vapeur.

En 7300 heures : 280, 243, 203, 160, 113, 59,5 milliers de tonnes de vapeur.

2° L'emploi des unités principales pendant les $10 - x$ dixièmes environ du régime variable, et d'unités subsidiaires de puissance x pendant les autres x dixièmes

environ du même régime, conduit effectivement à une consommation de vapeur moindre.

3° Cette diminution de la consommation varie de 0,5 à 3,5 pour 100, avec une moyenne de 2,3 pour 100 de la consommation correspondant à l'emploi continuel des unités principales, quand la puissance de l'unité subsidiaire est la moitié des unités principales ($x = 5$).

Si, pour simplifier, on se rapporte uniquement aux consommations du cas limite envisagé plus haut, et si l'on adopte pour la diminution de la consommation le coefficient unique de 3,33 pour 100, très proche du maximum et 3^fr comme prix de la tonne supplémentaire de vapeur, l'économie annuelle occasionnée par l'emploi de l'unité subsidiaire de puissance 5 s'obtient en multipliant par 100 les chiffres qui sous 1° multiplient les milliers de tonnes de vapeur consommée.

Comme le remplacement d'un turbo-alternateur de puissance quelconque par deux turbo-alternateurs de puissance moitié donne lieu à une charge supplémentaire annuelle presque constante et de 27400^fr environ (*voir* Tableau II *bis*), on voit qu'un tel remplacement ne peut convenir que *très* exceptionnellement et dans le cas d'emploi des unités les *plus* puissantes qu'on puisse considérer et que dans ce cas l'économie peut s'élever tout au plus à 6000^fr ou 8000^fr par an.

4° *Le minimum de la consommation correspond à l'emploi d'unités subsidiaires d'une puissance* différente selon la forme du triangle mixtiligne, mais *ayant en tous cas comme limite supérieure les* $\frac{4}{10}$ *de la puissance des unités principales* ($x \leqq 4$).

5° L'économie de vapeur réalisée dans ce cas varie de 1,8 à 5,5 pour 100 de la consommation correspondant à l'emploi continuel des unités principales. Dans la plupart des cas, elle ne dépasse pas 3,25 pour 100.

Si néanmoins on adopte, pour l'économie de vapeur, le coefficient unique de 5 pour 100, très voisin du maximum, et 3^fr comme prix de la tonne supplémentaire de vapeur, et si, pour simplifier, on se rapporte encore aux consommations du cas limite envisagé plus haut, l'économie annuelle occasionnée par l'emploi de l'unité subsidiaire la plus favorable s'obtient en francs en multipliant par 150 les chiffres qui, sous 1°, se rapportent aux milliers de tonnes de vapeur consommée.

Comme l'addition d'un turbo-alternateur de seulement 3000, 2000 ou 1000 kilowatts donne lieu à une charge supplémentaire annuelle de 43300^fr, 38000^fr ou 35350^fr environ, on voit qu'une telle addition ne peut convenir que *très* exceptionnellement et seulement dans le cas d'emploi des unités les plus puissantes qu'on puisse considérer et que dans ce cas l'économie peut s'élever tout au plus à 8000^fr ou 10000^fr par an.

Quant au remplacement d'une unité principale par trois unités de puissance un tiers, par exemple, comme il donnerait lieu à une charge supplémentaire annuelle de 54800^fr environ, il manque totalement d'intérêt.

On jugera encore mieux de l'extrême rareté des cas où il peut convenir d'adjoindre aux unités principales une unité subsidiaire, ou de dédoubler une unité principale en deux unités de puissance moitié, quand nous aurons fait remarquer que non seulement nous avons adopté simultanément dans ce qui précède plusieurs hypothèses exagérées, mais qu'en outre les écarts maxima de consommation globale (3,5 pour 100 sous 3° et 5,5 pour 100 sous 5°) se sont toujours présentés, dans le cours de nos recherches, en correspondance des cas d'emploi des unités les *moins* puissantes. Ce qui s'explique fort bien par le fait que les écarts entre les consommations unitaires correspondantes d'unités de puissances différentes varient plus rapidement aux petites qu'aux grandes puissances (*voir* Tableau I).

Il est encore à remarquer que, même si au cours d'une certaine année d'exploitation le diagramme des débits instantanés et celui du régime variable se présentent, par exception, de telle manière à faire conclure qu'il convient d'adopter une unité auxiliaire de puissance réduite par rapport à celle des unités principales adoptées, il se peut très bien que, 1 ou 2 ans plus tard, un relèvement de toutes les ordonnées du premier diagramme et la modification consécutive du deuxième diagramme viennent diminuer l'économie de vapeur à réaliser par l'emploi de l'unité auxiliaire.

Ceci se comprend mieux si l'on pense que l'effet d'une augmentation du débit annuel, pour une usine possédant des unités fondamentales d'une certaine puissance, concorde avec l'effet de l'adoption d'unités fondamentales de puissances décroissantes pour la constitution d'une usine devant avoir un débit annuel déterminé.

On peut encore tenir compte de la possibilité pratique, délibérément négligée dans les recherches qui précèdent, de surcharger les unités électrogènes fondamentales. Cette possibilité résulte évidente si l'on remarque que l'addition d'une unité auxiliaire d'une puissance relative $x = 4$ *ou* 5 peut être remplacée par l'application d'une surcharge de 20 à 25 pour 100 aux unités principales déjà en service, si celles-ci sont au nombre de deux seulement, ou d'une surcharge d'environ 15 pour 100 si les unités déjà en service sont au nombre de trois.

Quant à la convenance de la marche en surcharge, quand toutes les circonstances le permettent, elle n'est pas discutable.

On peut finalement opposer à l'importance que peut assumer une économie de 6000^fr à 10000^fr par an, pour une usine qui brûle de 2 à 4 millions de francs de charbon par an, l'avantage de la simplification qui résulte, dans les dispositions planimétriques de la salle des machines et dans la composition du magasin en tant que pièces de réserve, de l'adoption d'un type d'unités électrogènes unique.

Tenant compte de toutes ces circonstances, on ne peut faire autrement que conclure que *les grandes centrales n'ont absolument que faire d'unités subsidiaires plus petites que les unités principales.*

XI. De tout ce qui précède il résulte que pour la constitution des grandes centrales électriques il convient d'adopter des unités électrogènes aussi grandes que possible, d'une puissance unique.

On a vu, d'autre part, qu'il n'y a pas lieu de descendre au-dessous de trois unités actives (cinq unités installées) dans le cas d'un service d'éclairage, ou de deux unités actives (quatre unités installées) dans le cas d'un service de traction. Les extensions des réseaux

conduisent, d'ailleurs, à l'augmentation de ces nombres minima auxquels correspondent les rapports les plus élevés entre la puissance de réserve et la puissance active.

Dans nos recherches numériques nous avons adopté, comme limite supérieure actuelle de la puissance des unités électrogènes, le chiffre de 12000 kilowatts. Telle est, en effet, la puissance nominale des plus grands turbo-alternateurs en construction à l'heure actuelle.

Certes l'exploitation de gros turbo-alternateurs n'est pas exempte d'inconvénients pratiques.

Un turbo-alternateur complet comprend essentiellement trois parties distinctes : la turbine, le condenseur avec ses pompes et leurs moteurs, l'alternateur.

La partie destinée à la condensation ayant bénéficié de l'expérience faite avant l'apparition des turbines dans les installations de condensation centrale d'usines à vapeur puissantes, quoique composées d'unités relativement faibles, n'a généralement pas donné lieu à ennuis, sauf certains cas où elle avait été installée d'une manière peut-être pas tout à fait rationnelle.

Cette partie s'est d'ailleurs continuellement perfectionnée, soit sous le point de vue du mode de fonctionnement, soit sous celui de la construction tant des condenseurs que des pompes ; de manière qu'on peut aujourd'hui condenser 1000^{kg} de vapeur avec moins de 35^{m^2} de surface condensante et moins de 60^t d'eau à 15° C., le degré de vide dépassant 95 pour 100.

N'était la limitation de volume que les nécessités de transport par chemin de fer donnent au condenseur, la partie destinée à la condensation ne mettrait aucun obstacle à la réalisation d'unités toujours plus puissantes. D'ailleurs la subdivision du condenseur peut même, dans certains cas, constituer un avantage.

La turbine proprement dite, engin encore relativement récent, tournant à une vitesse considérable et exigeant d'une part l'admission de la vapeur à une pression et à une température relativement très élevées et d'autre part la décharge de la vapeur à une pression et à une température relativement très basses, a présenté, pendant tout un temps, un certain nombre d'inconvénients : vibrations intolérables, arrachements d'aubes, avaries dues à des dilatations inégales ou exagérées, etc. Mais, tout en nous abstenant ici de toute comparaison entre les différents types de turbine existants (à action, à réactions compound et mixte), nous dirons que, sous le point de vue mécanique, cet engin nous paraît actuellement déjà suffisamment au point ; et la réduction continuelle de ses dimensions et du nombre de ses éléments primordiaux, la subdivision (d'un caractère différent selon le type de turbine que l'on considère) en plusieurs parties relativement distinctes et fonctionnant dans des conditions différentes, l'apparition dans l'industrie de matériaux nouveaux, les perfectionnements des procédés métallurgiques, etc., autorisent à croire que la construction dans de bonnes conditions d'unités toujours plus puissantes ne s'arrêtera pas en si bon chemin.

Quant à l'alternateur, au très gros alternateur surtout contraint, en raison de sa vitesse élevée, à développer une puissance électrique considérable sous un volume réduit, il semble, malgré tous les perfectionnements déjà réalisés, ne pas avoir encore atteint une sécurité de fonctionnement tout à fait suffisante.

Des deux parties essentielles de l'alternateur, la partie la plus délicate paraît être actuellement le stator, dont les bobines à haute tension paraissent soumises à des actions thermiques et mécaniques considérables et parfois même à des actions électrochimiques non négligeables.

Mais la question est beaucoup travaillée. La ventilation fait l'objet de recherches très poursuivies. Déterminé, dans la plupart des cas, par la partie tournante de l'alternateur, le flux d'air refroidissant est convenablement dosé, conduit, subdivisé en parties différentes, distribué dans les masses à refroidir, puis convenablement ramassé et rejeté. L'isolation des bobines dans les encoches et surtout celles des conducteurs dans les bobines a subi des modifications profondes. Le mica et ses dérivés envahissent tous les jours davantage le champ d'emploi des guipages imprégnés. Les conducteurs eux-mêmes sont différenciés entre eux selon leur situation et subdivisés dans leur masse. Les assemblages de rubans et de fils tressés remplacent les conducteurs massifs. Des écrans métalliques enveloppent parfois ces conducteurs. Les baguettes retenant les bobines dans les encoches, ainsi que leurs sièges, sont également modifiées dans leur forme et dans leur structure. Le nombre des conducteurs par encoche tend à diminuer, et celui des encoches à augmenter. Une tendance se manifeste à réduire le nombre des bobines de dimensions et de formes différentes. Parfois, des enroulements spéciaux sont employés. La manière de fermer ou de raccorder entre elles les bobines n'est pas non plus négligée. Les pièces de fixation des parties extérieures des bobines aux deux extrémités du stator sont attentivement étudiées, pour en augmenter la résistance mécanique sans gêner la ventilation. Des appareils spéciaux sont ajoutés aux circuits de l'alternateur pour réduire les effets dynamiques des court-cicuits sur les bobines, etc.

La multiplicité des points ici touchés et la divergence entre les solutions données, par les différents constructeurs, aux différents problèmes à résoudre, suffisent pour faire comprendre que tous les desiderata ne sont pas encore atteints. Mais le nombre des efforts faits dans ce sens, le nombre des constatations pratiques que fournira l'emploi toujours plus étendu de ces engins, permettent de croire que l'évolution désirée vers des dispositions typiques et certainement efficaces se produira rapidement. Il est, d'ailleurs, de l'intérêt commun des constructeurs et des exploitants de trouver des arrangements satisfaisants pour les deux parties et susceptibles d'accélérer l'avènement de l'emploi courant de très gros alternateurs. Cet avènement est réclamé par les extensions toujours croissantes des applications de l'électricité.

Angelo DELLA RICCIA.

Groupe électrogène Grille-Stofft-Berger André-Thomson-Houston de la station centrale de l'Exposition de Nancy. La figure 1 donne une vue générale de ce groupe.

7....

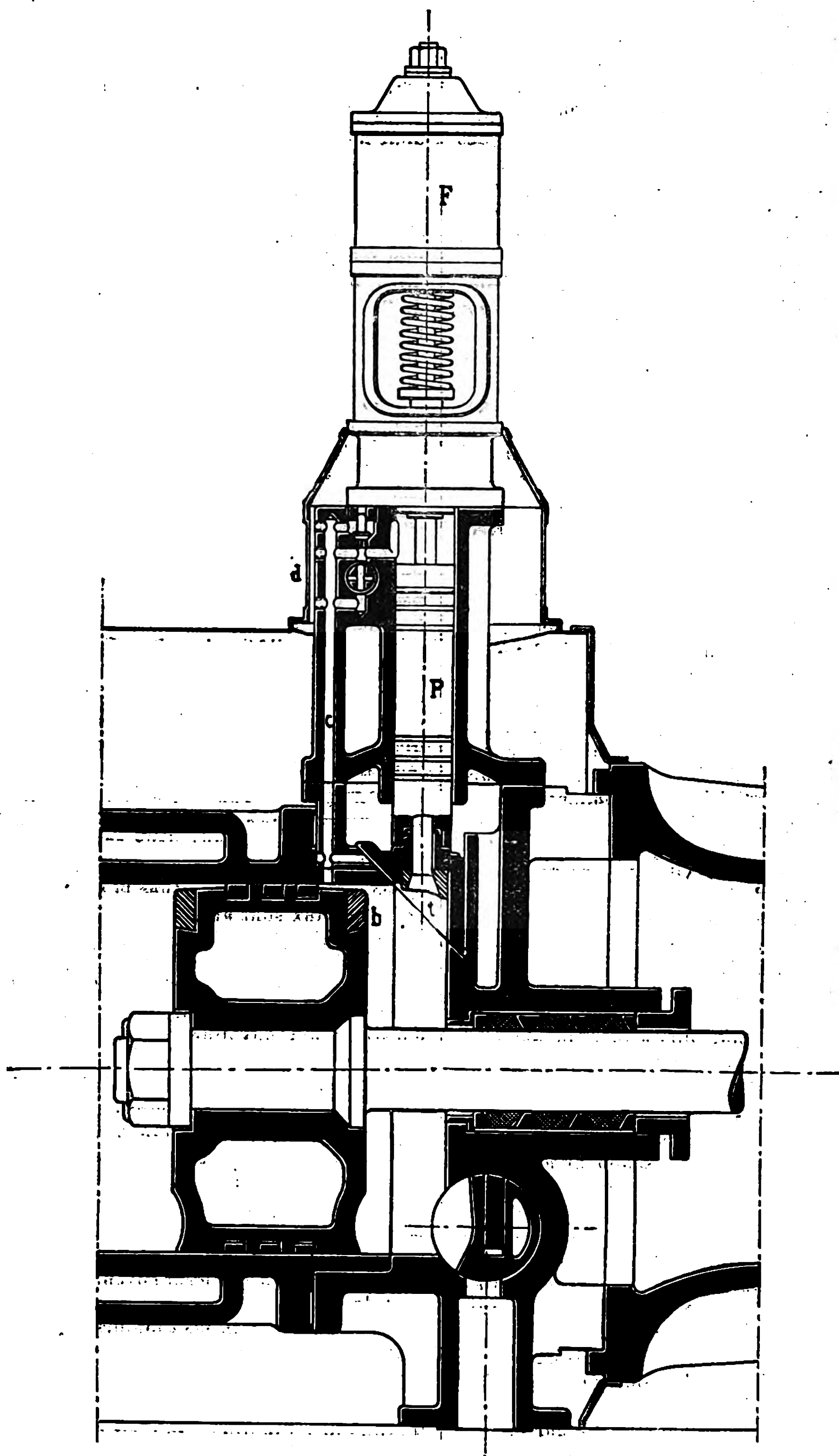


Fig. 2. — Dispositif d'admission Beyer de la machine à vapeur Berger André.

Chaudière. — M. A. Stofft, constructeur des chaudières Grille, a cherché à montrer que cette chaudière a des qualités telles que, bien installée, elle présente une souplesse de même ordre que celle d'une machine à vapeur.

A cet effet, ayant à alimenter une machine à vapeur demandant environ 3000^kg de vapeur surchauffée à l'heure, M. Stofft a demandé que la cheminée Prat assure une dépression d'environ 25^mm d'eau au carneau de la chaudière et il a installé son générateur normal de 2500^kg à l'heure.

Ce générateur a une surface de grille de $3^{m^2},25$, une surface de chauffe de 94^{m^2}; le ballon d'eau et de vapeur a $1^m,20$ de diamètre, et une longueur de $2^m,50$. La chaudière contient donc un volume très notable d'eau et de vapeur.

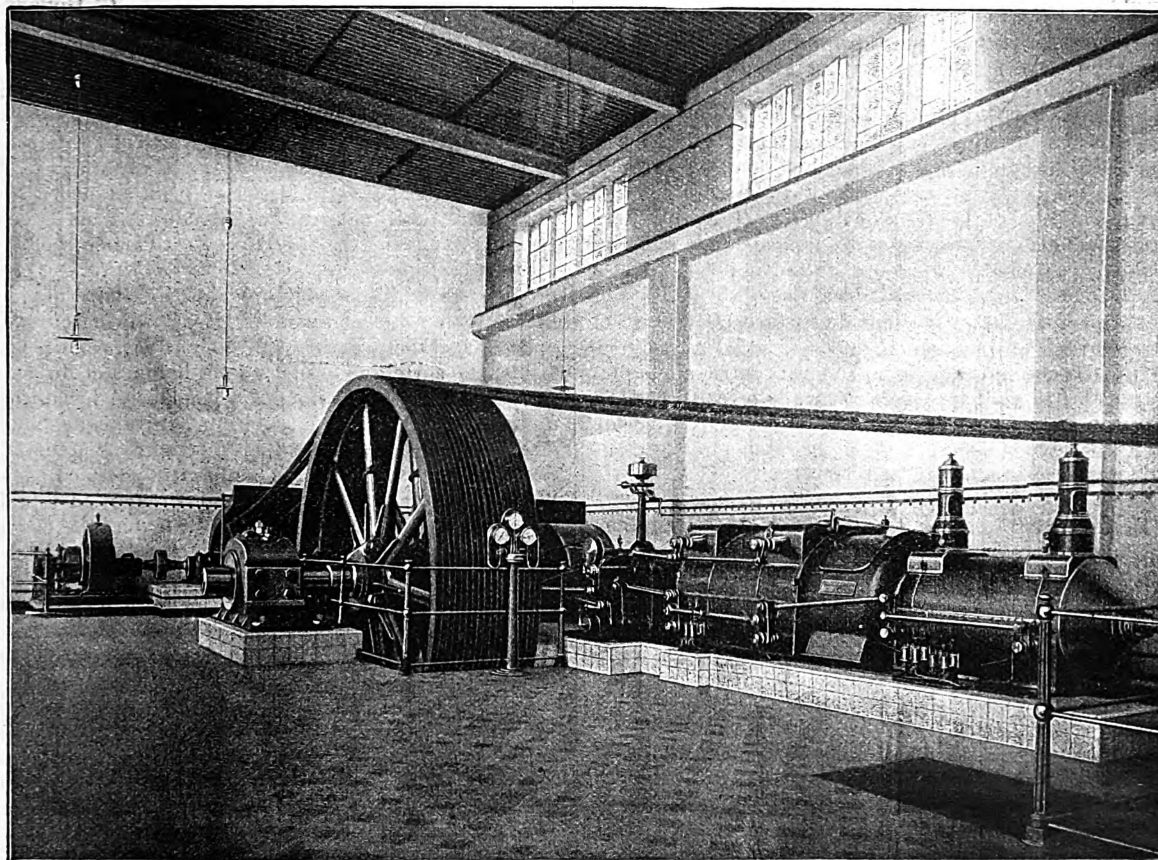


Fig. 1. — Vue générale du groupe électrogène Grille-Stofft-Berger André-Thomson-Houston de l'Exposition de Nancy.

Il possède un surchauffeur du type amovible et de 8^{m^2} de surface de chauffe. Les tubes de ce surchauffeur sont en acier au nickel. L'appareil est placé entre la première rangée de tubes du faisceau tubulaire et la partie supérieure de la voûte qui ferme la chambre de combustion.

La chaudière Grille entraînant une quantité d'eau infime (0,2 à 0,3 pour 100 en moyenne), le surchauffeur n'a plus le rôle de vaporisateur comme dans la plupart des générateurs existants, et, malgré sa faible surface de chauffe, il donne aisément à la vapeur une température qui dépasse 300°.

Avec le tirage dont on dispose à l'Exposition, l'allure de combustion par mètre carré de grille et par heure se tient dans les environs de 120^kg, et, dans ces conditions, le générateur donne en moyenne 3000^kg de vapeur à 290° à l'heure. L'utilisation à cette allure activée est excellente; les pyromètres et analyseurs continus de gaz placés dans le carneau de la chaudière accusent une température de gaz qui ne dépasse pas 300°, et une teneur en acide carbonique de 13 à 15 pour 100.

Voici donc un générateur qui est poussé pendant les heures de charge d'environ 20 pour 100, et qui fournit ce qu'on lui demande dans des conditions d'économie excellentes. Il possède donc au plus haut point les qualités de souplesse et d'économie qu'il faut rechercher dans les installations de stations centrales.

D'ailleurs, on pourrait aller plus loin encore. Dans une installation que nous aurons l'occasion de décrire prochainement, celle de la chaufferie des ateliers Thomson-Houston à Lesquin-lès-Lille, M. A. Stofft a

installé une batterie de générateurs avec tirage mécanique permettant de pousser l'allure jusqu'à 150^{kg} de combustible par mètre carré de grille et par heure. La batterie présente un rendement de $9^{kg},600$ de vapeur produite par kilogramme de charbon à l'allure moyenne de combustion de 72^{kg} par mètre carré de grille et par heure, et ce rendement ne s'abaisse qu'à 9^{kg} à l'allure double.

Machine à vapeur. — La machine à vapeur Berger André et Cie présente quelques détails de construction qui sont plutôt du domaine du mécanicien : aussi nous bornerons-nous à indiquer le principe nouveau de sa distribution à l'admission, l'échappement se faisant à l'aide d'obturateurs Corliss commandés par excentrique.

L'admission se fait par des obturateurs placés aux extrémités et au haut des cylindres, et dont la face inférieure est pour ainsi dire découpée dans le cylindre à vapeur, de manière à épouser la forme du piston et à réduire ainsi les espaces nuisibles. Ces obturateurs sont liés à un piston compensateur de surface plus petite et muni lui-même d'un amortisseur.

Un contact fixé sur le piston rencontre un taquet placé sous la soupape et en assure la levée forcée. La pression d'admission étant établie sur la grande face de l'obturateur, celui-ci se soulève, la vapeur qui se trouvait au-dessus du piston compensateur et l'eau qui s'y est condensée étant remisées dans l'enveloppe.

Pour que la soupape se referme, il faut rétablir la pression de vapeur au-dessus de ce piston compensateur; cela se fait par une conduite communiquant également avec le fond et dans le trajet de laquelle est intercalée la clef d'un robinet à boisseau manœuvré par le régulateur. Suivant que ce régulateur ouvre plus ou moins ce robinet, le rétablissement de l'équilibre est plus ou moins rapide et par suite l'admission de la vapeur est moins ou plus prolongée.

Le système de distribution paraît donner de bons résultats, et la régularité de la machine est parfaite.

Des essais exécutés par l'Association alsacienne de propriétaires d'appareils à vapeur sur une machine Berger André de 180 chevaux indiqués, à 90 tours par minute (admission 22.5 pour 100), avec de la vapeur à 7 kg : cm² et 210-212°, un vide de — 0,917 kg : cm² ont donné une consommation moyenne de $5^{kg},5$ de vapeur par cheval indiqué et par heure.

La machine exposée par la maison Berger André est une machine compound tandem à condensation. Elle est munie du dispositif des soupapes automatiques Beyer décrit ci-dessus à l'admission du petit et du grand cylindre.

Dynamos. — Cette machine actionne, par câbles en chanvre, trois dynamos génératrices à courant continu de la Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. Ces machines sont du type normal de 100 kilowatts à 250 volts; ce sont des machines compound à pôles auxiliaires.

Tableau. — Le tableau, de la construction de MM. Brandt et Fouilleret, renferme les appareils destinés au réglage et à la mise en parallèle des trois machines, soit :

Un interrupteur unipolaire, un disjoncteur, un ampèremètre et un rhéostat de champ par machine et un voltmètre général avec commutateur triple; enfin un compteur d'énergie, un interrupteur unipolaire, un disjoncteur et un ampèremètre sur le départ.

Les appareils de mesures ont tous été fournis par la Compagnie pour la fabrication des compteurs.

G. Gourel.

TRANSFORMATEURS.

Progrès récents dans la construction des transformateurs, par H.-W. TOBEY. Communication présentée à l'American Institute of Electrical Engineers, le 18 décembre 1908 (*Proceedings of the A. I. E. E.*, t. XXVIII, avril 1909, p. 9-19). — L'auteur décrit sommairement ici les innovations introduites dans la construction des transformateurs pendant l'année 1908.

Le transformateur à circulation d'huile. — Quand on commença, il y a quelques années, à faire usage de l'huile pour isoler et refroidir les transformateurs, ces appareils étaient encore de dimensions relativement faibles, de sorte que la surface des bobines et du noyau était assez grande par rapport à la quantité de calorique à rayonner. Aussi la circulation naturelle de l'huile, due à la différence de température entre le haut et le fond de la cuve, était-elle suffisante pour empêcher l'échauffement. Les transformateurs prenant ensuite des dimensions plus grandes et par suite la quantité de chaleur à rayonner augmentant, on accrut d'abord la surface de la cuve par des ondulations, puis on eut recours à un serpentin parcouru par un courant d'eau et immergé dans l'huile du transformateur, qui augmentait la différence de température et par suite le transport de calorique.

Dans tous ces dispositifs, on avait toujours compté sur la circulation naturelle de l'huile pour assurer les échanges de chaleur. Mais la puissance des transformateurs croissant encore, il fallut enfin recourir à la circulation forcée, qui permit de soutirer plus rapidement la chaleur aux parties internes du noyau et des enroulements. On put ainsi maintenir l'ensemble de l'appareil à une température plus uniforme, accroître les watts rayonnés par unité de surface et par suite diminuer la quantité de matériaux actifs. On a pu réduire ainsi considérablement le prix de revient des transformateurs, mais il faut mettre en regard de cet avantage les appareils auxiliaires rendus nécessaires : pompes, réfrigérants, etc. Aussi le système à circulation d'huile n'est-il pas à considérer pour les transformateurs dont la puissance réunie est très inférieure à 5000 kw.

Le matériel auxiliaire comprend une pompe pour la circulation de l'huile, un refroidisseur à surface et une pompe pour l'eau du refroidisseur, avec la tuyauterie nécessaire. Ce type de transformateur est semblable au type refroidi à l'eau, moins le serpentin intérieur. Pour assurer la distribution uniforme de l'huile arrivante, on enferme la partie inférieure des enroulements dans une boîte métallique munie de chicanes. Le tuyau d'arrivée d'huile pénètre dans cette chambre en traversant de haut en bas le fond supérieur; quant à la sortie d'huile, son niveau est au-dessus des enroulements,

qui ne risquent pas ainsi d'être mis à découvert, et très au-dessous de la surface de l'huile, pour qu'il n'y ait pas aspiration d'air.

On n'installe ainsi qu'un seul système réfrigérant pour toute une batterie de transformateurs. Quoique cette méthode soit très répandue et donne d'excellents résultats, on a cru parfois préférable d'installer des réfrigérants et des pompes à huile individuels, pour rendre les transformateurs indépendants et éviter qu'une avarie à l'un des deux n'entraîne la mise hors service des autres. On a créé dans ce but un modèle spécial où le serpentin réfrigérant est placé à l'intérieur de la cuve, comme dans le transformateur refroidi par circulation d'eau, mais ici le serpentin se prolonge presque jusqu'au fond de la cuve. Un caisson métallique entoure ce serpentin, divisant ainsi en deux la capacité de la cuve; il est percé à la partie inférieure d'une ou de plusieurs ouvertures. Au moyen d'un groupe moteur-pompe installé sur le transformateur lui-même ou tout à côté, l'huile est aspirée au sommet de la chambre à huile principale et refoulée dans l'espace extérieur où est logé le serpentin; la différence de niveau ainsi créée accélère beaucoup la circulation naturelle de l'huile dans les enroulements et le noyau.

Dans les transformateurs à circulation d'huile forcée, on a coutume de régler la circulation de l'eau de façon qu'elle emporte tout le calorique sans s'échauffer de plus de 10°. Si la température de l'eau est 15° à l'entrée, elle sera donc de 25° à la sortie. Cela exige ordinairement une circulation d'environ $1^l,5$ par minute (un tiers de gallon) pour chaque kilowatt de perte dans le transformateur.

On admet à peu près le même échauffement pour l'huile, de sorte qu'entre le bas et le haut de la cuve la différence maxima de température est d'environ 10°. La chaleur spécifique de l'huile étant environ la moitié de celle de l'eau, sa vitesse d'écoulement théorique est à peu près double. C'est ce qu'on vérifie dans la pratique, sauf que dans certains cas on trouve préférable de faire circuler l'huile 3 fois ou 3 fois et demie plus vite que l'eau.

Entrées à remplissage d'huile pour transformateurs. — La pratique moderne exigeant des tensions de plus en plus élevées, on doit aujourd'hui construire des transformateurs pour des tensions de service de 100000 volts et plus, et parfois pour des tensions d'essai de plus de 300000 volts. L'isolement des entrées à haute tension de ces appareils est tout aussi difficile à réaliser que leur isolement intérieur. On a abandonné l'isolement par garnitures de porcelaine et par couches superposées de ruban isolant, qui suffisait pour les voltages moyens, et l'on a eu recours à l'huile, comme pour l'isolement intérieur. La tige d'entrée de l'appareil est garnie de plusieurs tubes en carton comprimé enfilés les uns dans les autres et laissant entre eux un certain intervalle, le tube extérieur étant entouré par des couronnes en matière isolante moulée, superposées les unes aux autres et séparées par des disques de carton comprimé. Les espaces compris entre les tubes sont remplis d'huile qu'on y fait circuler au moyen de conduits d'entrée et de sortie. On donne généralement à la longueur comprise entre la partie supérieure de la borne et l'enveloppe de l'appareil une valeur de 50 pour 100 plus grande que la distance d'éclatement de l'étincelle pour la tension qu'on veut faire supporter à l'appareil; quant à la longueur du trajet des fuites superficielles, elle est rendue triple de cette distance par les disques de carton comprimé. On a déjà employé avec succès des bornes d'entrée de ce modèle pour des appareils exigeant des tensions d'essai de plus de 300000 volts. Une de leurs qualités est la facilité qu'elles donnent de répartir convenablement la tension électrostatique; en outre, la circulation de l'huile à l'intérieur des différents tubes empêche les échauffements locaux.

Nouveaux modèles de transformateurs d'abonnés. — On a cherché, pour ces petits appareils, à réduire les pertes, à améliorer le fonctionnement et à abaisser le prix de revient sans affecter la durée et la sûreté du service. Si l'on considère par exemple le type de 5 kw, on constate qu'il y a 10 ans les pertes dans le fer atteignaient 90 watts et davantage. Par des modifications dans la forme des circuits et l'amélioration des tôles, on a réussi à abaisser ce chiffre à 45 watts. On a pu en même temps abaisser le prix de revient.

Dans un des modèles les plus récents de ces transformateurs on remarque surtout la symétrie de la disposition des circuits magnétiques et électriques, ces derniers étant entrelacés d'une ingénieuse façon sur le noyau central; on a pu réduire ainsi la longueur moyenne des circuits de fer et de cuivre, c'est-à-dire diminuer le poids des matériaux pour une valeur donnée des pertes. Un autre caractère de ce type de construction est la section relativement faible du noyau central. Cela donne deux résultats : d'abord la diminution de la longueur moyenne d'une spire des enroulements, ensuite un accroissement de l'induction dans le noyau central. L'accroissement de pertes qui en résulte dans cette partie du fer est plus que compensé par la faiblesse des pertes dans les quatre circuits magnétiques extérieurs auxquels on peut donner une forte section sans allonger les enroulements.

Transformateur pour lampes au tungstène. — Un des plus petits modèles de transformateurs est celui qu'on construit pour alimenter les lampes au tungstène à bas voltage par les réseaux de distribution ordinaires. Il réduit ordinairement la tension dans le rapport de 4 à 1 et peut se loger dans une douille de lampe ordinaire. En raison de sa faible capacité (25 watts) et des faibles tensions qui y agissent, on a pu lui donner un rendement de 85 pour 100. Ce rendement se maintient pour des tensions variant de 110 à 130 volts, et pour des charges comprises entre la valeur normale et la moitié de cette valeur.

P. L.

APPLICATIONS MÉCANIQUES.

APPAREILS DE LEVAGE.

Grues flottantes électriques de 150 tonnes. — Jusqu'à ces dernières années on se servait presque exclusivement, dans les ports et les chantiers de constructions maritimes, de grues pivotantes fixes ou roulant le long d'une voie, installées sur les quais. Plus récemment on a trouvé plus avantageux de monter les grues de grandes puissances sur des pontons automoteurs ou remorqués qui peuvent être amenés en un point quelconque des bassins. Ces grues coûtent, en effet, à puissance égale, notablement moins cher que les grues roulantes, et de plus elles peuvent desservir simultanément plusieurs navires sans qu'il soit nécessaire de déplacer ceux-ci ou de les amarrer le long du même quai.

Dans le *Génie civil* du 28 août, M. F. Hofer donne la description de trois types de ces grues : l'un, construit en Angleterre, à commande directe par moteur à vapeur; les deux autres, construits en Allemagne, à commande électrique.

Les grues de construction allemande sont à volée basculante et pivotante ; les pontons qui les portent sont munis d'hélices leur permettant de se transporter d'un point à un autre par leurs propres moyens.

L'un des types de ces grues flottantes a été étudié par la Benrather Maschinenfabrik, de Benrath, près Dusseldorf, qui en a déjà livré quatre à peu près semblables : aux chantiers Harland and Wolff de Belfast, aux chantiers impériaux japonais de Yokosuka, au service d'inspection du port de Brême et aux chantiers Germania, de Kiel. La figure 1 donne une élévation schématique de ce type de grue.

La grue des chantiers Harland and Wolff peut lever 150^t avec une portée maximum de $30^m,50$; les essais ont été faits avec 175^t, la charge d'épreuve statique ayant même été élevée à 200^t. Le ponton a une longueur de 45^m, une largeur de 26^m et un tirant d'eau de 2^m; il porte un groupe électrogène fournissant le courant à toutes les machines. La grue des chantiers Germania, de Kiel, a également une portée de $30^m,5$, soit 17^m en dehors du bordage du ponton pour une charge de 150^t; mais cette portée peut être augmentée de 10^m avec une charge réduite à 110^t. De plus, sa volée porte sur sa membrure inclinée inférieure deux chariots de 10^t et 35^t qui permettent de déplacer les charges correspondantes sans basculer cette volée. Le groupe électrogène fournissant le courant à cette grue contient un groupe générateur de 185 kilowatts; son ponton automoteur a une longueur de 40^m et une largeur de 27^m.

Le second type de grue flottante électrique dont il est question dans l'article est également en service à Kiel, aux chantiers impériaux de constructions navales. La hauteur maximum de cette grue, construite par la Duisburger Maschinenbau A. G., est de 70^m, mais des dispositions ont été prises pour que la grue puisse passer sous un transbordeur dont la passerelle est à $39^m,50$ seulement au-dessus du niveau de l'eau. D'autre part, son ponton, de 40^m de largeur et 4^m de creux, est établi pour pouvoir circuler sur le canal de Kiel; il est mû par deux hélices logées dans des tunnels et est divisé en compartiments étanches par des cloisons longitudinales recoupées par des cloisons transversales. La

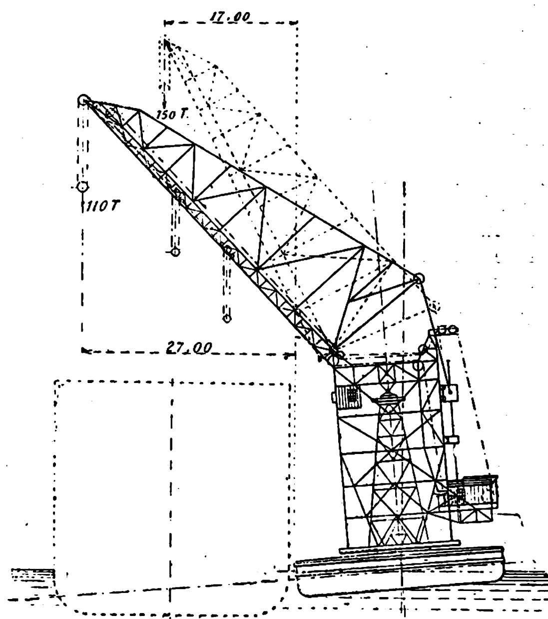


Fig. 1. — Élévation schématique de la grue de 150 tonnes de la Benrather Maschinenfabrik.

volée basculante porte trois crochets pouvant recevoir respectivement des charges de 150^t, 30^t et 20^t. La cabine de manœuvre est placée sous la volée mobile à 22^m au-dessus de l'eau, de manière que le champ de vue du mécanicien soit complètement dégagé. L'usine électrique établie sur le ponton contient deux groupes électrogènes indépendants servant de réserve l'un pour l'autre.

CHAUFFAGE ET ÉCLAIRAGE.

CHAUFFAGE DES TRAINS.

Chauffage électrique des trains à vapeur (1). **Chemin de fer de la Camargue.** — Les membres du Congrès international d'Électricité de Marseille ont eu l'occasion de visiter, en septembre dernier, l'installation de chauffage électrique faite par la Compagnie des Chemins de fer de la Camargue sur les voitures de ses trains tractionnés à la vapeur.

Cette application est la première de ce genre et, si la question du chauffage des trains à vapeur par une génératrice électrique a été à plusieurs reprises examinée, elle n'avait pas été résolue en exploitation avant la tentative faite en 1907 par M. Bertrand, ingénieur-adjoint à la direction des Chemins de fer de la Camargue, qui a bien voulu m'en communiquer les résultats.

La solution d'un système pratique de chauffage n'exigeant ni manutention ni entretien coûteux sur les chemins de fer secondaires offre certaines difficultés de réalisation précisément inhérentes à leur mode d'exploitation.

Les chaufferettes mobiles sont fort gênantes pour les voyageurs; elles exigent au départ des trains une manutention cause d'encombrement dans le service ; enfin, leur entretien est parfois assez onéreux en raison même de la manutention brutale qu'elles doivent subir.

Les grandes Compagnies ont adopté le principe du chauffage par la vapeur venant de la machine à travers les conduites d'accouplement et réchauffant par son passage les chaufferettes fixes logées dans le plancher des voitures. Je n'examinerai pas pour le moment si l'emploi de l'électricité ne présenterait pas ici quelque avantage, limitant cette étude au cas des petites Compagnies (chemins de fer secondaires ou d'intérêt local).

Dans les petites compagnies, les trains sont en effet composés pour la plupart de wagons à marchandises et de voitures à voyageurs et, comme on doit laisser ou prendre des wagons dans les gares, il faut que les voitures à voyageurs soient attelées après les wagons de marchandises pour supprimer les manœuvres du train complet.

Pour chauffer les voitures au moyen de la vapeur de la machine, il faudrait donc que tous les wagons à marchandises fussent munis de conduites d'accouplement. Cette disposition ne peut pas être adoptée en raison de la perte de temps qu'elle entraînerait dans la manœuvre des voitures, et de la mauvaise utilisation de la vapeur.

On a réalisé le chauffage à vapeur avec des chaufferettes fixes à volant de chaleur qu'on réchauffe au terminus, mais cela oblige à avoir une machine près du train tandis que cette machine est le plus souvent obligée de manœuvrer en gare pendant les battements. Ces chaufferettes prévues pour supporter la pression sont d'ailleurs d'un certain volume et leur prix d'installation peut être un obstacle pour les petites Compagnies dont les formules d'exploitation sont très peu rémunératrices.

On a employé encore les bouillottes à acétate de sodium, qui ont une plus grande capacité calorifique, mais elles ont les inconvénients des bouillottes mobiles.

La Compagnie des Chemins de fer de la Camargue chauffait ses voitures par de simples bouillottes à eau chaude qu'on réchauffait aux terminus à l'aide d'une prise de vapeur spéciale fixée sur la machine.

Cette opération, faite en plein air et dans une région où les vents sont assez vifs, ne donnait qu'un réchauffage incomplet dont une partie était encore perdue pendant le transport des bouillottes aux voitures. Au bout de peu de temps la température était insuffisante et le public n'était pas satisfait ; cependant, la dépense était élevée tant comme entretien des bouillottes que comme combustion supplémentaire de charbon à la machine.

Devant les mauvais résultats obtenus jusqu'alors, la Compagnie a recherché s'il ne serait pas possible de trouver d'une tout autre manière la solution du problème du chauffage.

L'éclairage des trains à vapeur a déjà été réalisé au moyen d'une génératrice électrique, quoique le système soit compliqué en raison de la nécessité de maintenir constante la tension de la distribution ; d'autre part, le chauffage des trains tractionnés électriquement se fait couramment au moyen de l'électricité. La Compagnie des Chemins de fer de la Camargue a fait une combinaison de ces deux systèmes en employant des chaufferettes électriques alimentées à l'aide d'une dynamo actionnée par l'un des essieux du fourgon.

Le dispositif est alors bien plus simple que lorsqu'il s'agit d'assurer l'éclairage ; en effet, il n'est plus besoin de maintenir une tension rigoureu-

(1) Voie de 1m.

sement constante puisque l'enveloppe de la chaufferette forme un volant de chaleur suffisant pour rendre pratiquement insensible des variations de 50 pour 100, même pendant plusieurs minutes.

Il n'est donc plus besoin de batterie d'accumulateurs car, même aux arrêts, le refroidissement des chaufferettes n'est pas tel qu'il puisse gêner les voyageurs ; le sens du courant est alors indifférent puisqu'il s'agit seulement de faire débiter la dynamo sur une résistance ohmique pratiquement fixe.

Ce sont les conditions d'exploitation et les diverses phases de cette tentative que je vais indiquer parce qu'elle a conduit à un résultat satisfaisant que le temps écoulé déjà permet de considérer comme définitif (1).

I. Conditions d'exploitation. — En raison du service effectué par les agents de la Compagnie et de la *qualité* de ces agents, il ne fallait pas songer à exiger d'eux de manœuvre de réglage. Tout ce qu'on peut leur demander c'est d'opérer l'accouplement des câbles entre les voitures au moment de la formation des trains ou la mise hors service de la dynamo génératrice en cas d'avarie.

Les conditions étaient les suivantes :

1° Pas de manœuvre de quelque nature qu'elle soit dans le fourgon ;

2° Fonctionnement automatique quel que soit le sens de la marche du train ;

3° Connexions faciles et rapides lors de l'attelage des véhicules ;

4° Facilité de mise hors service de la dynamo en cas d'avarie quelconque ;

5° Entretien très réduit.

Les agents des trains ne doivent rien avoir à toucher ni à règler, soit en marche, soit aux terminus, à moins que le coupe-circuit fusible en fondant ne leur révèle une avarie quelconque dans le circuit d'utilisation.

II. Installation et fonctionnement électrique. — Les trains partent tous d'un même point, effectuent un parcours de 38^{km} en voie unique et reviennent au point de départ. On laisse le fourgon et les voitures attelées de la même façon et l'on tourne seulement la machine aux terminus en intercalant, entre elle et les voitures, les wagons à marchandises.

La dynamo est solidement fixée sous le fourgon. Elle donne, à 1600 tours par minute, 50 ampères, 120 volts, puissance nécessaire pour le chauffage d'un train.

On a choisi une dynamo shunt. Une dynamo série aurait occasionné, par suite des variations de vitesse, des variations de tension considérables, qui auraient fait craindre des ruptures d'isolement. On a renoncé aux avantages d'une dynamo compound à cause des inconvénients qui eussent résulté de la variation continuelle de la vitesse et parce que la résistance du circuit est pratiquement constante.

La génératrice employée est une dynamo bipolaire avec zones neutres très grandes, en sorte que le calage des balais est le même pour les deux sens de rotation et quelle que soit la charge. Ces balais sont à bloc de graphite, calés sur une ligne perpendiculaire au champ produit par les inducteurs.

Comme le courant dans l'induit change de sens avec celui de la marche du train, il faut, pour être assuré de l'amorcement de la dynamo dans les deux cas, que le courant ne change pas de sens dans les inducteurs.

On pouvait à cet effet recourir à la manœuvre d'un inverseur d'excitation placé dans le fourgon et permettant de rétablir les connexions par rapport aux bornes de l'induit, suivant le sens de la marche.

Mais en raison de l'exploitation en navette des trains cette manœuvre devait être faite à chaque terminus. C'est précisément cette manœuvre qu'on a voulu supprimer pour éviter un oubli de la part des agents, elle a été rendue automatique à l'aide d'un appareil inverseur étudié spécialement et qui est placé en bout sur l'arbre de l'induit. L'inversion se fait sur $\frac{1}{4}$ de tour de l'arbre, le désamorçage n'a donc pas le temps matériel de se produire.

Inverseur. — Un disque n° 1, en fibre rouge, est maintenu fixe par un support faisant corps avec la carcasse de la dynamo. Ce disque (*fig.* 1) est muni de quatre plots à ressorts en laiton A, E, F, BR. Ces plots aboutissent à quatre fils : un fil venant de la barre A de la dynamo, un fil venant de la deuxième borne B de la dynamo en passant par le rhéostat d'excitation R, enfin deux fils E, F, d'entrée et de sortie des bobines inductrices.

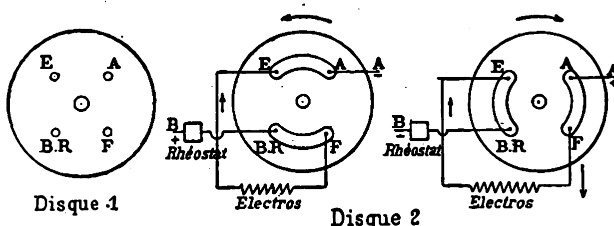


Fig. 1. — Schéma de l'inverseur.

En face de ce disque n° 1, il s'en trouve un autre n° 2 également en fibre comportant dans la fibre deux touches en arc de cercle; ce disque n° 2 est monté sur un axe mobile en acier tournant dans l'armature du centre du disque n° 1.

Les deux touches en arc sont en opposition sur un cercle de même rayon que les quatre plots du disque 1. Ces touches mettent en contact à la fois l'une A et F, l'autre E et BR ou bien A et E et BR et F.

Le détail de la construction est donné par les figures 2, 3 et 4. Le plateau mobile 10 est tenu par l'axe 11 pivotant au centre du support fixe 19 où sont logés les quatre contacts 13, reliés aux quatre bornes A, F, E, B.

Le plateau 10 peut tourner de 90° dans les deux sens, sa course est arrêtée de chaque côté par les deux vis en acier 28 qu'il porte dans la rainure 25 et qui viennent se buter l'une ou l'autre contre le taquet 24 du support fixe 19.

(1) L'installation a été faite en 1907.

Si l'induit tourne dans le sens des aiguilles d'une montre le plateau qui tourne dans le même sens vient s'arrêter sur le butoir. Le courant venant de A traverse l'un des arcs de contact 12, passe par F, par les bobines inductrices, par E et par l'autre arc en BR, traverse le rhéostat d'excitation R et revient à la borne B (*fig.* 1).

Si l'induit tourne en sens inverse, le plateau 10 ayant été aussi entraîné met en communication BR et F d'une

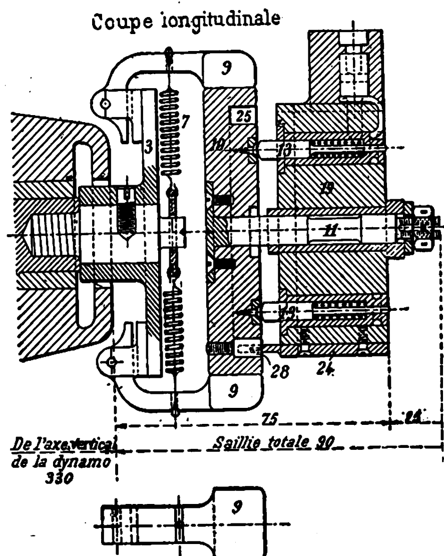


Fig. 2. — Inverseur.

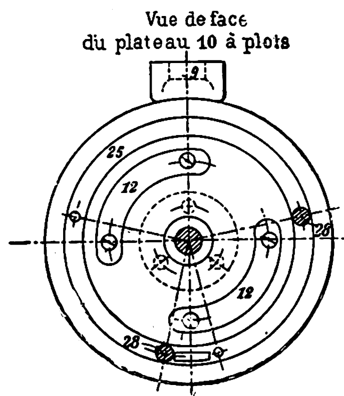
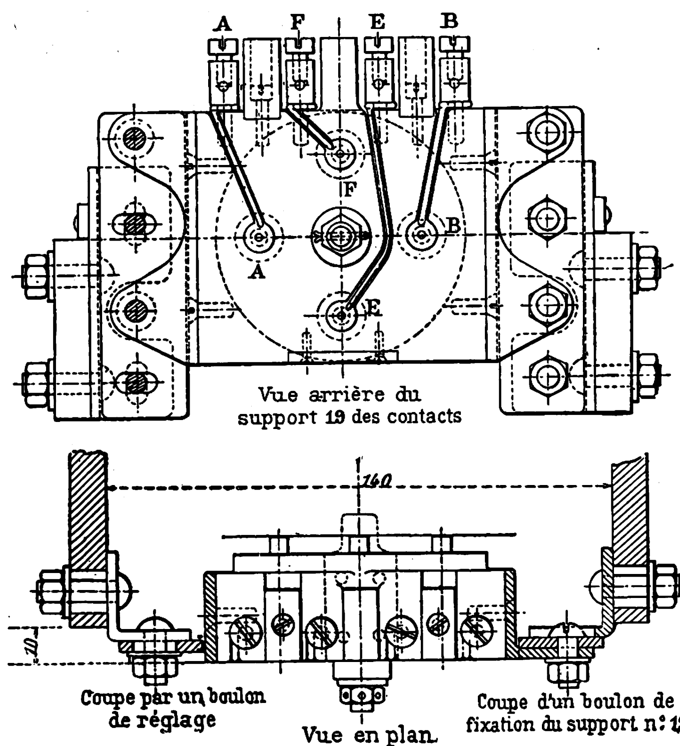


Fig 3. — Plateau mobile.



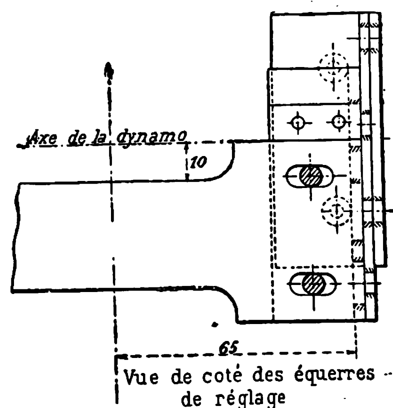


Fig. 4. — Plateau fixe.

part et A et E d'autre part. Le courant qui prend naissance dans l'induit est inversé; il sort par B, passe par l'arc de contact jusqu'à F; il passe donc dans le même sens que le précédent à travers les bobines inductrices; il sort en E et vient à travers le deuxième arc de contact en A et de là à l'induit.

Ainsi, quel que soit le sens du courant dans l'induit, c'est-à-dire quel que soit le sens de rotation, le courant d'excitation est toujours de même sens à travers les bobines inductrices et la polarité magnétique ne change pas.

L'entraînement du plateau 10 (*fig.* 2) se fait de la manière suivante :

En face du plateau 10, toujours dans le même axe et complètement indépendant de ce dernier, se trouve calé sur l'arbre d'induit, en bout, un plateau en acier muni de quatre taquets articulés en bronze 9 et comportant chacun un ressort de rappel 7. Ces taquets prennent le plateau 10 sur son bord et, en vertu de la pression donnée par les ressorts de rappel, l'entraînent.

Le disque à taquets suit le mouvement de la poulie calée sur l'arbre qui entraîne l'induit; lorsque le plateau 10 se trouve arrêté dans sa course par le butoir, les taquets continuent à tourner en frottant sur le plateau 2 et cherchent à l'entraîner. Pour éviter des frottements prolongés et les usures qui en résultent on a calculé les ressorts de rappel des taquets de telle sorte que, quand l'induit tourne à 9 ou 10 tours par seconde, les taquets se soulèvent par la force centrifuge; des talons venus de forge avec les taquets en limitent la course pour que les ressorts ne travaillent pas au delà de leur limite d'élasticité.

En marche il n'y a donc plus aucun contact entre le disque d'entraînement et le plateau 10 et par conséquent pas d'usure. Si la vitesse vient à diminuer en dessous de 10 à 12 km : h la force centrifuge est compensée par la tension des ressorts et les taquets viennent à nouveau appuyer sur le plateau 10, mais comme la vitesse de 9 à 10 tours : sec à l'induit correspond à 10 ou 12 km : h, le frottement des taquets ne se produit que pendant un temps très court au démarrage ou à l'arrêt ([1]).

Canalisation. — Le courant produit passe par une canalisation qui aboutit à une prise de courant à broches placée dans l'axe du châssis sous les traverses de tête du véhicule. Toutes les voitures sont munies d'une canalisation aboutissant à deux prises semblables,

Les prises (*fig.* 5) sont composées d'une partie fixe, la partie femelle en fibre B posée sur une planche de chêne A et protégée par une enveloppe en tôle ou zinc. Les câbles sont terminés par des cosses serrées par un écrou sur la pièce femelle E.

Les pièces mobiles sont reliées par les câbles G qui

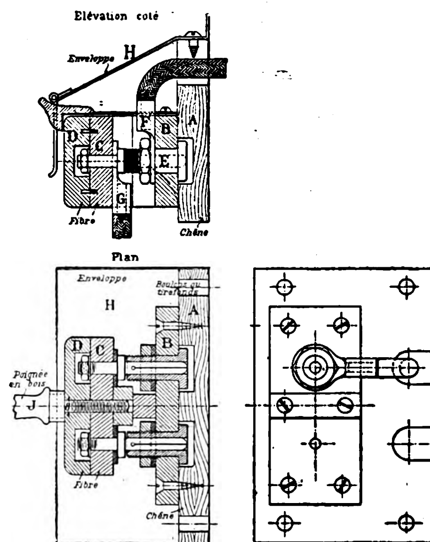


Fig. 5. — Prise de courant placée sur les voitures.

viennent se serrer sous l'épaulement de la pièce mâle. On les manœuvre par la poignée en bois J.

La fiche mâle E a 8^{mm} de diamètre et l'écartement des axes des deux fiches est de 50^{mm}.

Chaufferettes. — Les trains comprennent ordinairement trois voitures de 48 à 50 places, il faut ainsi 36 chaufferettes par train (12 par voiture, *fig.* 6), ces chaufferettes étant réparties à raison d'une pièce par quatre places assises.

Les chaufferettes adoptées (*fig.* 7) sont en tôle estampée et plombée de 75^{cm} de longueur, 14^{cm} de largeur et $1^{cm},5$ d'épaisseur. Elles sont posées, sur le plancher, au niveau des lattis qui sont supprimés à leur emplacement. Les connexions (*fig.* 8) sont faites sous la voiture et les chaufferettes sont en dérivation sur le circuit d'alimentation, ce qui permet d'alimenter tel nombre de chaufferettes qu'on veut.

La résistance d'une chaufferette est environ de 90 ohms à froid et de 137 ohms en régime, c'est-à-dire quand la température superficielle est de 60° à 70° et la tension

([1]) Le plateau 10 avait été exécuté primitivement avec un cercle de cuivre; les taquets 9 à ressorts étaient en acier et la butée 24 en bronze.

Au bout d'un certain temps de fonctionnement la dynamo se désarmorçait, cela ne pouvant être attribué aux vibrations car l'accident ne se produisait que dans un seul sens de la marche du train : quand la dynamo tournait en charge comme les aiguilles d'une montre (en regardant le collecteur) l'inverseur ne bougeait pas; lorsque la marche inverse avait lieu, le plateau mobile se déplaçait d'un mouvement régulier en sens inverse de la rotation de l'induit jusqu'à ce que la butée fût atteinte et il paraissait que sans cette butée le mouvement aurait continué.

Cet inconvénient semble dû à une cause électrique. L'aimantation du fer de l'induit et de l'arbre produisait un champ magnétique passant par les taquets qui, à la vitesse de 1600 à 1800 tours, induisait des courants dans le cercle de cuivre du plateau.

Il se peut que, dans la rotation de sens inverse, les taquets soient désaimantés par suite de l'inversion du champ magnétique.

Toujours est-il que les désamorçages ont cessé lorsqu'on a remplacé : 1° le cercle de cuivre du plateau par un cercle de fibre de façon à conserver le même diamètre au contact des taquets; 2° les taquets en acier par des taquets en bronze.

moyenne de 120 watts. Cela correspond à une consommation de 100 watts environ par chaufferette.

La vitesse des trains peut varier entre 25 et 45 km : h ; la tension aux bornes de la génératrice a été réglée pour la vitesse moyenne de 35 km : h ; elle varie, suivant la vitesse, entre 110 et 150 volts, et les chaufferettes ont été établies pour supporter sans inconvénient la tension maxima.

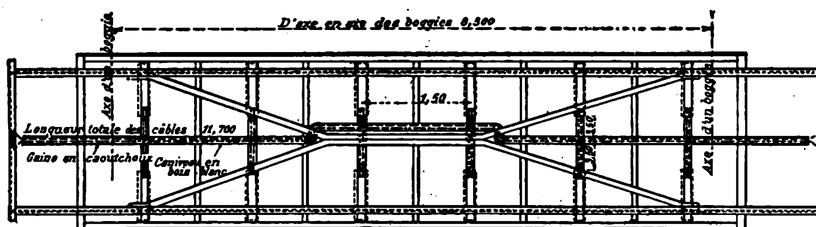


Fig. 6. — Emplacement des chaufferettes dans une voiture. (Vue par dessous.)

La génératrice fournit 50 ampères, 120 volts à la mise en marche, lorsque les chaufferettes sont froides.

Le débit diminue au fur et à mesure de l'élévation de température des chaufferettes ; au bout de 10 minutes, quand la température de régime est atteinte, le débit n'est plus que de 35 ampères.

Réglage. — Pour la commodité de l'exploitation, on a fait plusieurs réglages de la dynamo, en mettant en

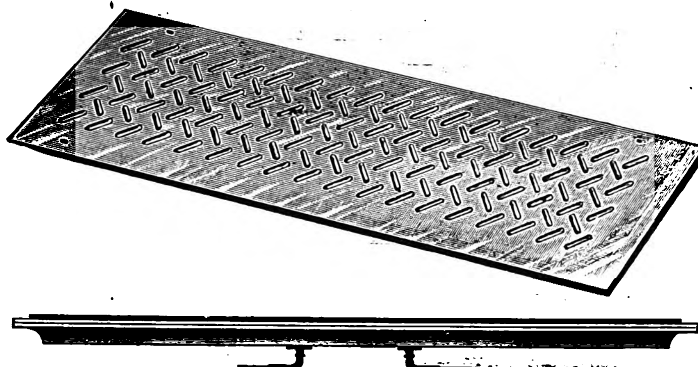


Fig. 7. — Chaufferette.

fonction les chaufferettes d'une, deux ou trois voitures. A cet effet on a déterminé sur le rhéostat d'excitation

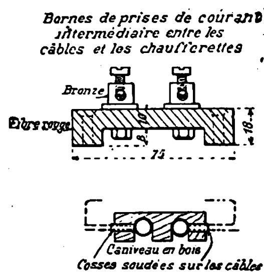


Fig. 8.

trois points tels que le chef de train n'ait qu'à placer le curseur du rhéostat sur la touche correspondant au nombre de voitures à chauffer.

Les inducteurs sont d'ailleurs près de la saturation, afin que les variations de vitesse dans la région élevée aient peu d'influence sur la tension aux bornes.

Tableau. — Le courant, avant de passer dans la canalisation, traverse un tableau (*fig.* 9) composé d'un inverseur unipolaire Ip, d'un coupe-circuit X et d'une lampe L avec bouton J.

L'inverseur permet d'alimenter les chaufferettes aux terminus par le courant d'éclairage HG de la gare en même temps qu'il coupe le circuit de la dynamo, ainsi que l'excitation.

On peut constater en appuyant sur le bouton J si la lampe L s'allume, c'est-à-dire si le courant passe bien lors des démarrages des trains dans les haltes intermédiaires.

Il n'y a ni voltmètre ni ampèremètre ; les agents des trains n'ont à s'occuper de rien en cours de route et il n'y a aucun réglage à surveiller.

III. Fonctionnement mécanique. — La dynamo (*fig.* 10 et 11) est actionnée par des courroies en poil de chameau. Une courroie entraînée par une poulie calée sur un essieu E (*fig.* 12) transmet son mouvement à un renvoi R qui actionne à son tour la poulie de la dynamo ; renvoi et dynamo sont suspendus sur des axes d'articulation A et B, de telle sorte que les deux courroies peuvent être tendues simultanément à l'aide d'une

tige filetée solidaire de la dynamo et dont l'écrou à manivelle M prend point d'appui sur une charpente attachée au châssis du fourgon et ne pouvant fléchir; un contre-écrou D immobilise la manivelle.

Un ressort taré permet de vérifier la tension des courroies (1).

On n'a constaté pendant tout le service aucun échauffement de palier, ni échappement de courroie. Les poulies sont d'ailleurs très bombées et munies de joues de 15^{mm} de hauteur.

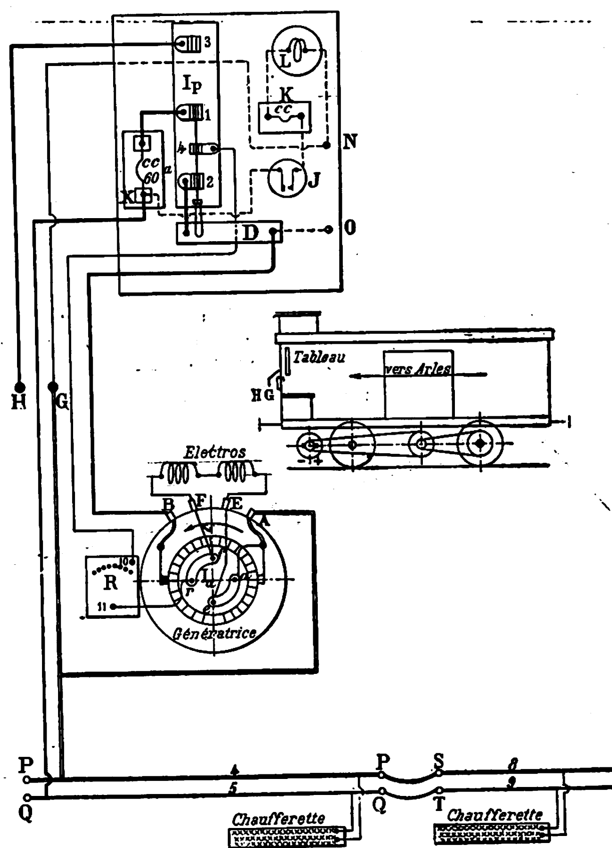


Fig. 9. — Tableau de commande et schéma de l'installation.

Le cône en tôle C (*fig.* 10), qui protège la dynamo du côté des balais, en permet la visite aisément. Ses auvents garnis de toile métallique fine assurent la ventilation de la génératrice dont tous les organes restent froids.

Examinons maintenant les conditions de charge du fourgon qui doivent être réalisées pour assurer l'entraînement de la dynamo. Pour 125-150 volts et 40-50 ampères, il faut obtenir un effort adhérent de 450^{kg} sur le rail. Les fourgons pèsent 6^t, soit 3^t par essieu, ce qui avec un coefficient d'adhérence $\delta = 0,15$ donne

$$f = 3000 \times 0,15 = 450^{kg}.$$

La puissance de 8 à 10 chevaux demandée à l'essieu est donc la limite qu'on peut exiger. Par conséquent, si l'on voulait alimenter plus de 40 chaufferettes, il faudrait placer une dynamo sur une autre voiture.

Les conditions précédentes sont très suffisantes pour la Compagnie des Chemins de fer de la Camargue, car les trains d'hiver ne comportent jamais plus de 150 places.

Si une avarie survenait en cours de route soit dans le circuit, soit dans la génératrice, il suffirait de desserrer les courroies à l'aide du tendeur M, de façon à leur donner du mou puis, à l'aide d'un sabot S fixé sur le renvoi et manœuvré par la chaîne C, de bloquer le renvoi de mouvement; on immobilise ainsi la courroie de la dynamo, tandis que l'autre frotte légèrement sur la poulie motrice comme le fait une courroie tombée sur un axe de transmission.

La manœuvre demande environ 30 secondes.

IV. Observations sur le mode de chauffage. — L'inconvénient du système exposé est le manque de chauf-

(1) Un premier essai de transmission par cône de friction a dû être abandonné, à cause des chocs transmis à la dynamo et de l'impossibilité d'obtenir un réglage pratique.

fage à l'arrêt, dans les haltes ou aux terminus. Dans les haltes, si l'arrêt ne dépasse pas 10 minutes, les chaufferettes conservent encore leur chaleur grâce à leur masse qui forme volant.

Aux terminus, si la gare possède un circuit d'éclairage, comme c'est le cas à Nîmes, il suffit de brancher les chaufferettes sur le circuit 15 minutes avant le départ, pour avoir une température superficielle de 50°

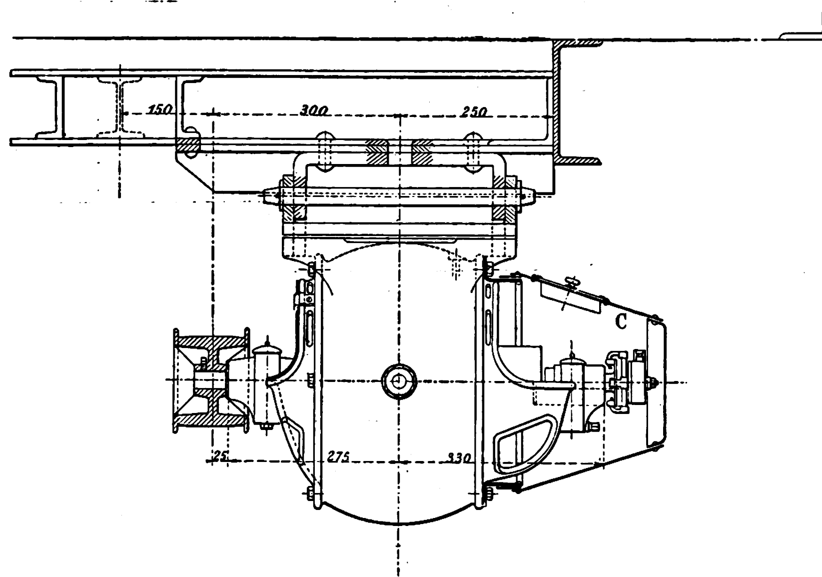


Fig. 10. — Dynamo génératrice.

environ. Les chaufferettes, étant établies en dérivation pour 100 volts en moyenne, peuvent être branchées indifféremment sur la dynamo ou sur la distribution de

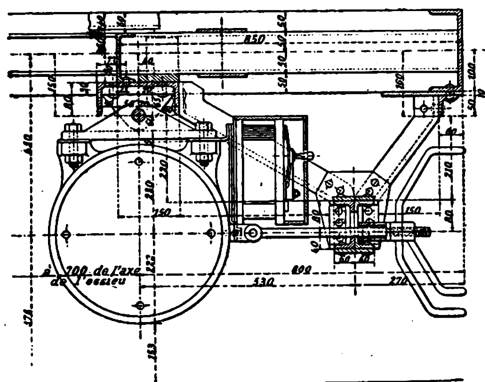


Fig. 11. — Détail de la suspension de la dynamo.

la gare, puisque leur fonctionnement normal admissible est compris entre 100 et 150 volts.

L'inverseur interrupteur du tableau permet d'effectuer les connexions nécessaires sans crainte d'erreur.

Si la gare ne possède pas de distribution électrique, il n'est pas possible de chauffer au départ et l'on doit attendre que le train soit en marche pour obtenir de la chaleur. Il résulte, des expériences faites aux Chemins de fer de la Camargue, qu'au bout de 10 minutes de marche à 40 km : la température des chaufferettes est suffisante (45° à 50°) pour être appréciée des voyageurs.

Frais d'installation. — La première installation, comprenant la génératrice de 7 à 8 kilowatts, le tableau, le renvoi et la canalisation du fourgon, a coûté 1000^{fr}.

L'installation de 12 chaufferettes dans une voiture de 48 places a coûté au total 550^{fr} pour un train de trois voitures.

Il est probable que ces frais seraient notablement réduits s'il s'agissait d'une application importante sur plusieurs trains.

Entretien. — Il est à peu près impossible de constater l'augmentation de combustible qu'entraîne forcément l'énergie fournie à la dynamo. Si l'on compte 2^{kg} de charbon par cheval-heure à la locomotive, on peut évaluer la consommation supplémentaire pour 5 kilowatts, avec un rendement de 88 pour 100 à la génératrice, à 16^{kg} de combustible par heure.

Dans le trajet de Nîmes à Arles la consommation de la machine est de 5^{kg} à 6^{kg} par kilomètre et le supplément calculé pour le chauffage de 0^{kg},5. On voit qu'il serait difficile à constater réellement. Il y aurait d'ailleurs encore à faire entrer en ligne de compte la suppression de dépenses pendant le freinage et les descentes.

Pendant les deux ans de fonctionnement, aucune pièce n'a été remplacée, ni balai, ni coussinet, ni courroie. L'huile consommée est inappréciable, car elle ne se perd pas. L'entretien n'a donc pas pu être évalué exactement, mais il semble minime.

V. CONCLUSION. — Il est de tout intérêt pour une petite compagnie d'avoir un système de chauffage qui ne donne lieu à aucune manutention et n'occasionne pas de visites fréquentes comme les chauffages par bouillottes ou à circulation d'eau chaude.

Le chauffage par chaufferettes électriques alimentées

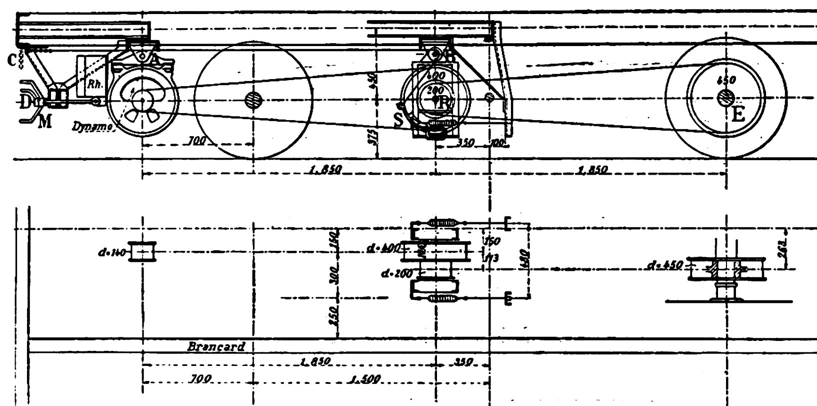


Fig. 12. — Élévation et plan du dispositif d'entraînement de la dynamo.

au moyen d'une génératrice est donc tout indiqué surtout pour les chemins de fer d'intérêt local et les tramways. L'heureuse initiative de la Compagnie des Chemins de fer de la Camargue prouve que le système est parfaitement réalisable dans de très bonnes conditions d'installation et d'entretien. G. GOISOT.

LAMPES A INCANDESCENCE.

Remarque sur une loi empirique de consommation des lampes à incandescence à filament de carbone, par HENRI CHRÉTIEN, chef du Service d'Astrophysique de l'Observatoire de Nice (Communication faite au Congrès de Lille de l'Association française pour l'avancement des Sciences). — La loi empirique de consommation d'une lampe à incandescence à filament de carbone, donnée par Voigt :

$$I = kp^3,$$

où I désigne l'intensité lumineuse de la lampe et p le prix de revient de l'éclairage de cette lampe, peut-elle se déduire de la formule théorique donnée par Plank pour le rayonnement du corps noir?

En résolvant cette question, l'auteur montre que :

1° La loi de Voigt n'est qu'approximativement exacte;

2° Dans le cas du corps noir, elle serait valable sur un petit intervalle de température, au voisinage d'une certaine longueur d'onde λ, proportionnelle à la longueur d'onde λ_M de la radiation d'intensité maxima.

Si $\varphi(m)$ est la racine non nulle de l'équation

$$\frac{\varphi}{m} = 1 - e^{-\varphi},$$

on a

$$\frac{\lambda}{\lambda_M} = \frac{\varphi(5)}{\varphi(12)} = \text{approximativement } \frac{5}{12}.$$

Prenant en considération, d'une part, la loi de Wien, dite *du déplacement*, qui est, d'ailleurs, implicitement contenue dans la formule de Plank, d'autre part, les valeurs numériques trouvées par MM. Kurlbaum, Lummer, Pringsheim et Paschen, on aurait, en centimètres,

$$\lambda = \frac{0,1216}{T},$$

T étant la température absolue de la source; pour $T = 1800° + 273$ (M. Le Chatelier), on a

$$\lambda = 0^{\mu},587;$$

c'est à peu près la longueur d'onde de la radiation jaune du sodium.

L'intensité lumineuse est alors proportionnelle à la *douzième* puissance de la température absolue du filament.

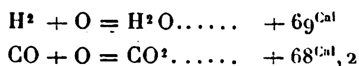
MESURES ET ESSAIS.

CALORIMÉTRIE.

Méthode simplifiée et appareil pour déterminer le pouvoir calorifique des combustibles gazeux, par P. LEMOULT (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences,* t. CXLIX, 30 août 1909, p. 454). — Parmi les méthodes employées pour mesurer le pouvoir calorifique et par suite la valeur industrielle des combustibles gazeux, comme les gaz pauvres, les gaz de fours à coke, de hauts fourneaux, d'éclairage, etc., il en est une qui consiste à faire l'analyse quantitative immédiate de ces gaz et à multiplier la teneur en chacun des composants par le facteur thermique qui lui correspond; il faut au moins connaître les quantités d'hydrogène, d'oxyde de carbone et de méthane, parfois celles d'éthylène, de benzène, etc. Le problème analytique, assez compliqué, conduit à des résultats qui ne sont pas très précis.

Si l'on s'adresse aux méthodes directes basées sur la combustion en vase clos ou en vase ouvert, il faut souvent des appareils coûteux, d'un maniement délicat (bombe Berthelot, bombe Mahler, bombe Witz, etc.) ou des appareils peu précis. Même avec les premiers, l'erreur pour les gaz pauvres atteint souvent 2 pour 100, à cause de la très faible élévation de température due à la combustion.

La méthode proposée comporte une simplification importante basée sur la remarque suivante : il est inutile de connaître séparément les teneurs en hydrogène et en oxyde de carbone; il suffit de connaître le total de ces deux composants; cette proposition résulte de l'examen des deux réactions :



$$H^2 + O = H^2O \ldots\ldots \quad +69^{Cal}$$
$$CO + O = CO^2 \ldots\ldots \quad +68^{Cal},2$$

En effet H^2 et CO : 1° donnent la même contraction (3 volumes) si l'on a soin de mettre les gaz brûlés en contact avec un alcali; 2° consomment par molécule (2 volumes) la même quantité d'oxygène (1 volume); 3° donnent le même dégagement de chaleur, si l'on prend comme moyenne du phénomène thermique le nombre $68^{Cal},6$. Si donc on a un combustible gazeux, un gaz de gazogène par exemple, ne contenant comme partie utile que de l'hydrogène et de l'oxyde de carbone; si a représente la contraction après combustion et absorption par un alcali; si b représente la consommation d'oxygène, le pouvoir calorifique en sera donné indifféremment par l'une ou l'autre des deux formules

$$(1) \qquad P = \frac{68,600}{2V}\,\frac{2a}{3} = 2,049a = 6,147b$$

(en prenant $2V = 22^l,32$ à 0° et 760^{mm}), car on a

$$a = 3b.$$

Dans le cas, beaucoup plus fréquent, où il y a du méthane, le problème comporte une solution analogue qui donne, toutes simplifications faites,

$$(2) \qquad P = 0,914a + 3,405b.$$

Dans la plupart des cas, les gaz combustibles industriels contiennent, outre l'hydrogène, l'oxyde de carbone et le méthane, de l'éthylène, du benzène, de l'acétylène, etc., en quantités parfois importantes; la formule (2), qui ne tient pas compte de ces gaz et qui, en outre, adopte pour les mélanges d'hydrogène et d'oxyde de carbone la valeur moyenne $68^{Cal},6$, ne saurait donc être rigoureusement exacte; mais l'erreur qu'elle comporte est facile à évaluer; elle ne dépasse pas 2 pour 100 en général.

Les diverses formules trouvées s'appliquent quels que soient l'appareil et la méthode qui ont fourni les valeurs expérimentales nécessaires a et b; mais, pour donner une application pratique courante à ces formules simplifiées, l'auteur a réalisé un appareil portatif permettant d'effectuer, loin du laboratoire, sans cuve à mercure ni cuve à eau, les mesures de a et de b.

BIBLIOGRAPHIE (1).

Tratado de Electricidad, par ANTONIO et ALFREDO GAL. Un vol. $25^{cm} \times 16^{cm}$, 446 pages, 349 figures. Imprimerie de *El Correo Gallego,* Sinfariano hopez, 139, Ferrol.

Dans ce volume est exposée d'une manière élémentaire la théorie générale de l'électricité. Deux autres volumes seront consacrés à l'étude de la génération et à l'examen des applications de l'énergie électrique.

La pratica delle Costruzioni elettromeccaniche, par G. PARDINI. Seconde édition. Un vol. $21^{cm} \times 13^{cm}$, 496 p., 346 figures et 12 planches. E. Bignani et Cie, éditeurs, via Berchet, 2, Milan. Prix : 4 lires.

Cet ouvrage fait partie de la *Biblioteca di Elettricita* qui comprend divers volumes de haute valeur et en particulier le *Monteur électricien* de Barni qui en est à sa 10e édition italienne, qui a été traduit en diverses langues et dont nous devons une excellente traduction française à notre confrère M. Montpellier. Et si nous rappelons l'ouvrage de M. Barni à propos de celui que vient de faire paraître M. Pardini, c'est qu'il nous a paru que ce dernier possède les qualités qui ont fait le succès du premier : grande simplicité d'exposition et renseignements pratiques très étendus.

La théorie des courants alternatifs, par A. RUSSELL, directeur de la section des mesures à Faraday House, traduit de l'anglais par G. SÉLIGMANN-LUI, inspecteur général des Télégraphes. Un vol. $25^{cm} \times 16^{cm}$, 460 pages, 137 figures. Gauthier-Villars, éditeur. Prix : 15^fr^.

Dans son important ouvrage sur les courants alternatifs, fort apprécié en Angleterre et dans les pays de langue anglaise, M. Russell s'est particulièrement attaché à suivre le développement mathématique des formules sans perdre à aucun moment de vue le sens physique des grandeurs qui y entrent. En cela il ne fait d'ailleurs que suivre l'exemple donné par maints auteurs anglais, à la suite de Faraday. Mais tandis que beaucoup de ses concitoyens poussent cette méthode à l'extrême, au point de reléguer les Mathématiques au second plan et même de les remplacer complètement par des considérations graphiques plus ou moins rigoureuses, M. Russell ne craint pas d'avoir longuement recours aux formules, préférant une démonstration claire et rigoureuse aux démonstrations plus élégantes que l'on pourrait parfois déduire des équations générales, mais au détriment de la clarté.

L'ouvrage entier comprendra deux volumes dont le premier seul est paru. Celui-ci est consacré aux théorèmes généraux; l'autre traitera de l'outillage des usines électriques à courant alternatif, génératrices et réceptrices, ainsi que de la transmission de l'énergie.

Dans le premier volume on trouvera d'abord, uniformément obtenues par la méthode des images, une série de formules de la capacité et de l'inductance des lignes polyphasées, pour les diverses combinaisons de leurs conducteurs, qui peut-être pourront rendre quelques services dans les applications, spécialement dans l'hypothèse des courants superficiels. Un chapitre roule sur les méthodes de mesure de la puissance, un autre sur l'emploi de ce procédé, si commode pour l'étude d'un cas concret, qui consiste à remplacer un transformateur par son réseau équivalent. A propos de la théorie des courants diphasés, on montre comment nombre de problèmes peuvent être résolus par des considérations simples de Géométrie dans l'espace. Les principales questions qui se rapportent aux indicateurs de phase et aux wattheuremètres à induction sont exposées, et il en est donné des solutions approchées. La nature du champ magnétique autour d'un faisceau de fils parallèles polyphasés, si importante au point de vue des effets induits dans d'autres fils voisins, est examinée en détail. Il n'a point encore été obtenu de solution complète pour la question des courants de Foucault produits dans les métaux magnétiques; mais les praticiens peuvent déjà tirer un parti utile des résultats approchés de J.-J. Thomson et d'Oliver Heaviside; comme ces derniers sont exprimés au moyen des fonctions *bei* et *ber*, des tables numériques ont été ajoutées en fin de chapitre qui permettent de faire aisément tous calculs; ce cas est d'ailleurs le seul où l'on ne s'en soit tenu à l'appareil mathématique le plus usuel.

Leçons de Physique générale, t. III : *Acoustique et Optique*, par JAMES CHAPPUIS, professeur de Physique générale à l'École Centrale, et ALPHONSE BERGET, attaché au Laboratoire des Recherches physiques de la Sorbonne. 1 vol. $25^{cm} \times 16^{cm}$, 502 p., 213 fig. Gauthier-Villars, éditeur.

Cet ouvrage est la reproduction du cours professé à l'École centrale par l'un des auteurs, avec complément d'après le programme des examens de la licence ès sciences physiques. Par son origine et son but, il intéresse donc les ingénieurs qui, sortis des écoles depuis plusieurs années, voudraient se remémorer et mettre au point les matières qu'ils ont acquises dans ces écoles. Les ingénieurs électriciens y trouveront d'ailleurs quelques questions, telles que l'étude des mouvements pendulaires, la photométrie, l'énergie rayonnante, etc., qui se rapportent directement à des applications pratiques de l'électricité.

(1) Il est donné une analyse bibliographique de tout Ouvrage dont *deux* exemplaires sont adressés à la Rédaction.

VARIÉTÉS. — INFORMATIONS.

LÉGISLATION, RÉGLEMENTATION.

Ministère de la Marine.
N° 1. — Circulaire relative à la préparation et à la passation des marchés.

Paris, le 17 septembre 1909.

Le décret du 18 novembre 1882, rendu en exécution de la loi du 31 janvier 1833, pose nettement, en son article 1er, le principe que les marchés de l'État sont passés avec concurrence et publicité. Il n'admet l'usage des traités de gré à gré que dans certains cas exceptionnels prévus à l'article 18, ainsi conçu :

« Art. 18. — Il peut être passé des marchés de gré à gré :

» 1° Pour les fournitures, transports et travaux dont la dépense totale n'excède pas 20000fr, ou, s'il s'agit d'un marché passé pour plusieurs années, dont la dépense annuelle n'excède pas 5000fr;

» 2° Pour toute espèce de fournitures, de transports ou de travaux, lorsque les circonstances exigent que les opérations du Gouvernement soient tenues secrètes; ces marchés doivent préalablement avoir été autorisés par le Président de la République, sur un rapport spécial du Ministre compétent;

» 3° Pour les objets dont la fabrication est exclusivement attribuée à des porteurs de brevets d'invention;

» 4° Pour les objets qui n'auraient qu'un possesseur unique;

» 5° Pour les ouvrages et objets d'art et de précision dont l'exécution ne peut être confiée qu'à des artistes ou industriels éprouvés;

» 6° Pour les travaux, exploitations, fabrications et fournitures qui ne sont faites qu'à titre d'essai ou d'étude;

» 7° Pour des travaux que des nécessités de sécurité publique empêchent de faire exécuter par voie d'adjudication;

» 8° Pour les objets, matières ou denrées qui, à raison de leur nature particulière et de la spécialité de l'emploi auquel ils sont destinés, doivent être achetés et choisis au lieu de production;

» 9° Pour les fournitures, transports ou travaux qui n'ont été l'objet d'aucune offre aux adjudications, ou à l'égard desquels il n'a été proposé que des prix inacceptables; toutefois, lorsque l'administration a cru devoir arrêter et faire connaître un maximum de prix, elle ne doit pas dépasser ce maximum;

» 10° Pour les fournitures, transports ou travaux qui, dans les cas d'urgence évidente amenée par des circonstances imprévues, ne peuvent pas subir les délais des adjudications;

» 11° Pour les fournitures, transports ou travaux que l'administration doit faire exécuter au lieu et place des adjudicataires défaillants et à leurs risques et périls;

» 12° Pour les affrètements et pour les assurances sur les chargements qui s'ensuivent;

» 13° Pour les transports confiés aux administrations de chemin de fer;

» 14° Pour les achats de tabacs et de salpêtres indigènes dont le mode est réglé par une législation spéciale;

» 15° Pour les transports de fonds du Trésor. »

Il ne faut pas que les services puissent avoir une tendance à soustraire es marchés à l'adjudication publique et à étendre d'une façon excessive l'application des dispositions permettant de traiter de gré à gré.

Or, il faut bien remarquer que, si dans certains cas prévus par l'article 18 du décret du 18 novembre 1882, la tractation de gré à gré s'impose, dans d'autres, l'emploi de cette manière de procéder dépend essentiellement des circonstances.

Cette considération s'applique, en particulier, aux cas qui font l'objet du paragraphe 1er, qui ne doit pas être interprété comme permettant de se soustraire à l'adjudication toutes les fois que l'importance des travaux ou des fournitures n'atteint pas la limite admise.

Interpréter ainsi le texte réglementaire serait en méconnaître complètement l'esprit. Dans les autres paragraphes, le décret a énuméré les cas particuliers les plus fréquents où une dérogation au système de l'adjudication peut être autorisée. Il n'a pas cherché à les prévoir tous, et la disposition du premier paragraphe a simplement pour objet d'englober les autres cas pouvant résulter des modalités si diverses que comportent les opérations administratives. En d'autres termes, la condition que la dépense totale n'excède pas 20000fr est *nécessaire* pour qu'on puisse traiter de gré à gré dans un cas non prévu aux paragraphes 2° à 15°, mais elle n'est pas *suffisante* : l'administration doit procéder à une adjudication si elle n'a pas de *raisons particulières probantes* pour s'en dispenser.

Ces raisons particulières n'existant que dans des cas tout à fait exceptionnels, le paragraphe 1° de l'article 18 du décret du 18 novembre 1882 ne doit pas être invoqué isolément pour justifier la passation des marchés de gré à gré.

L'application de cette règle générale a d'ailleurs l'avantage de soustraire les services à la tentation de subdiviser une fourniture ou un ensemble de travaux en parties de valeur inférieure à 20000fr dans le but de traiter de gré à gré, pour gagner du temps dans certaines circonstances urgentes.

En raison des considérations qui viennent d'être exposées, le sous-secrétaire d'État arrête les dispositions suivantes :

I.
TRAITÉS DE GRÉ A GRÉ.

A. Il ne sera passé de traité de gré à gré que dans les cas où l'application de l'un des paragraphes 2° à 15° de l'article 18 du décret du 18 novembre 1882 serait rendue absolument nécessaire, soit par l'objet du traité à intervenir, soit par les circonstances de sa passation.

Dans tout traité de gré à gré, on devra mentionner explicitement l'article et le paragraphe dudit décret dont il est fait application.

En aucun cas les services ne pourront invoquer isolément le paragraphe 1° de l'article 18.

B. En ce qui concerne les traités de gré à gré, les modifications suivantes sont apportées aux règles de compétence pour l'approbation des marchés passés par les ports, qui ont fait l'objet des circulaires du 25 octobre 1907 et du 15 avril 1908 :

Seront réservés à l'approbation du sous-secrétaire d'État :

1° Les projets de traité de gré à gré et les traités de gré à gré dont l'approbation est, aux termes de ladite réglementation, déjà réservée au pouvoir central;

2° Les projets de traité de gré à gré quels qu'ils soient (c'est-à-dire ayant trait à toutes fournitures, même celles du Tableau A) lorsque le montant en est supérieur à 30 000fr.

Dans tous les cas ci-dessus énumérés, le sous-secrétaire d'État ne statuera qu'après examen préalable du dossier, suivant l'espèce, soit par la commission permanente des machines et du grand outillage, soit par la commission centrale permanente des marchés.

Ces commissions, chacune pour ce qui la concerne, examineront le projet de marché, au double point de vue de la régularité et des conditions du marché lui-même. Elles compareront les prix proposés avec ceux des cours commerciaux. Le dossier soumis au sous-secrétaire d'État contiendra, sous feuille rouge, l'avis de la commission, disant si le marché a été reconnu conforme aux intérêts de l'État ou si, au contraire, il donne lieu à observations.

En outre, afin de permettre au sous-secrétaire d'État d'exercer un contrôle effectif sur tous les marchés de gré à gré, ceux de ces traités qui, d'après la réglementation du 15 avril 1908 et aux termes de la présente circulaire, sont approuvés par les autorités locales, seront, après cette approbation, communiqués une fois imprimés, à titre de renseignement, avec le dossier qui les concerne, à l'administration centrale. Ils seront examinés, suivant leur nature, par une des commissions précitées, qui fera connaître au sous-secrétaire d'État les cas où ils donneront lieu à observation. *Il est bien entendu qu'en ce qui concerne ces marchés, qui relèvent de la compétence de l'autorité locale, la communication prescrite n'aura qu'un but de vérification, les traités dont il s'agit devant recevoir leur exécution aussitôt qu'ils auront été approuvés par l'autorité compétente locale.*

II.

ADJUDICATIONS.

A. — *Fixation d'un prix-limite.*

A moins d'impossibilité absolue dont il devra être justifié par un rapport spécial joint au dossier, toute adjudication publique pour travaux, fournitures et transports donnera lieu à l'établissement d'un prix-limite, c'est-à-dire d'un prix au-dessus duquel l'État n'entend pas traiter.

Ce prix-limite est fixé par le sous-secrétaire d'État sur la proposition des services.

Les propositions dont il s'agit doivent être faites conformément aux indications de la circulaire spéciale relative à l'établissement des prix-limites.

B. — *Règles de compétence pour l'approbation des adjudications.*

Les règles de compétence posées par les circulaires du 25 octobre 1907 et du 15 avril 1908 sont modifiées comme il suit :

a. L'adjudication est soumise à la décision du sous-secrétaire d'État :

1° Toutes les fois qu'un incident se sera produit en séance;

2° En cas d'observation maintenue par le chef du contrôle résident;

3° Lorsque, aucun prix-limite n'ayant pu être fixé, l'autorité locale estime l'intervention du sous-secrétaire d'État nécessaire, en raison de l'élévation des prix demandés par les soumissionnaires.

Dans ces différents cas, le sous-secrétaire d'État ne statue qu'après avis de la commission permanente des machines et du grand outillage ou de la commission permanente des marchés.

b. L'adjudication est approuvée par l'autorité locale dans les autres cas.

III.

DISPOSITIONS SPÉCIALES AUX MARCHÉS DESTINÉS A ASSURER DES FOURNITURES OU SERVICES D'EXTRÊME URGENCE ET AUX MARCHÉS PAR CORRESPONDANCE.

Les marchés de gré à gré passés pour assurer des fournitures ou services d'extrême urgence et par suite de circonstances imprévues peuvent, à titre exceptionnel, être approuvés directement et sous leur responsabilité par les autorités locales.

Tout marché passé dans ces conditions doit viser le paragraphe 10 de l'article 18 du décret du 18 novembre 1882.

Une copie du marché est adressée au sous-secrétaire d'État sous le timbre du service intéressé, sans délai, aussitôt après son approbation; elle est accompagnée d'un rapport relatant les circonstances qui ont motivé la dérogation à la règle générale et les mesures prises pour sauvegarder les intérêts de l'État.

Les mêmes dispositions s'appliquent aux marchés par correspondance, qui doivent être exceptionnels.

IV.

MARCHÉS PASSÉS A L'ADMINISTRATION CENTRALE.

Tous les marchés passés à l'administration centrale (marchés par adjudication, traités de gré à gré, marchés par correspondance) sont réservés, sans exception, à l'approbation du sous-secrétaire d'État, qui statue après avis de la commission permanente des machines et du grand outillage ou de la commission permanente des marchés.

V.

PRESCRIPTIONS SPÉCIALES RELATIVES AUX ACTES ADDITIONNELS.

La pratique des actes additionnels aboutit, en fait, à des contrats pour la discussion desquels l'administration n'a plus son entière liberté d'action.

A l'avenir, la passation des actes additionnels ne sera proposée que dans des cas tout à fait exceptionnels. Le service qui fera la proposition devra la justifier par un rapport spécial figurant au dossier.

Ces actes additionnels seront d'ailleurs soumis avant approbation par le sous-secrétaire d'État à la procédure indiquée pour les marchés.

Les formalités prescrites ci-dessus ont paru nécessaires pour assurer le contrôle de la régularité et des conditions de prix des marchés. Elles ne doivent point avoir pour effet d'apporter des retards dans l'exécution des services, autres que ceux que le décret de 1882 sur les adjudications publiques impose dans l'intérêt de la libre concurrence.

En conséquence, lorsqu'un traité de gré à gré sera envoyé à l'administration centrale, l'examen de la commission des machines et du grand outillage ou de la commission des marchés, et la décision du sous-secrétaire d'État approuvant, rejetant ou ajournant la fourniture devront intervenir, en principe, dans un délai de quinze jours.

Le sous-secrétaire d'État de la Marine,
HENRY CHÉRON.

N° 2. — Circulaire relative à la fixation des prix-limites.

Paris, le 17 septembre 1909.

On appelle prix-limite le prix au-dessus duquel l'État n'entend pas traiter pour un marché déterminé.

Ce prix peut être défini par un rabais ou une surenchère sur des prix de base fixés par les pièces du marché. Le prix-limite est ainsi, selon le cas, soit un prix maximum qu'on ne doit pas dépasser, soit un minimum de rabais ou un maximum de surenchère sur des prix de base rendus publics.

Établissement des propositions. — Les propositions sont établies par les directeurs ou chefs de service intéressés qui y joignent un rapport relatant, avec tous les détails utiles, les motifs qui les ont conduits à la fixation des prix-limites proposés.

Pour éviter toute indiscrétion, ils sont tenus d'établir *personnellement* tant leurs propositions que le rapport justificatif. Les indications qu'ils fournissent sur les variations des cours et les propositions qu'ils formulent, en conséquence, doivent être écrites de leur main sur les tableaux manuscrits ou imprimés, préparés en blanc à cet effet. Le rapport est également écrit de leur main, sauf les en-têtes et les titres.

Les directeurs ou chefs de service ne se dessaisissent du rapport et du tableau qu'après les avoir renfermés dans une enveloppe cachetée et signée par eux. Cette enveloppe est transmise directement au sous-secrétaire d'État, sous le timbre de la direction intéressée.

Délai d'envoi des propositions de prix-limites. — Les envois de propositions de prix-limites sont faits de manière à parvenir au sous-secrétaire d'État quinze jours avant la date fixée pour l'adjudication. Ce délai peut être abrégé sur la proposition des services locaux, en ce qui concerne les matières et produits dont les cours sont sujets à des variations très fréquentes.

Modifications dans les propositions par suite de variation des cours. — En cas de variations appréciables dans les cours pendant la période qui s'écoule entre l'envoi de ces propositions et le jour même de l'adjudication, le directeur de l'établissement ou le chef de service intéressé doit en aviser directement, par la voie télégraphique, l'autorité chargée de statuer en employant la formule suivante :

Adjudication (objet, lieu et date de l'adjudication).

Proposition de prix-limite : augmentée ou réduite de (en toutes lettres).

Il est entendu que, le prix-limite devant rester absolument secret, le télégramme doit simplement faire ressortir une différence en plus ou en moins et ne contenir aucune indication qui pourrait permettre de connaître le chiffre réel fixé.

Adjudications de marchés de fournitures ou de transports. — Renseignements à consigner dans le Tableau des propositions de prix-limites. — Les propositions concernant les prix-limites sont consignées dans un Tableau qui sera conforme au modèle ci-dessous ou s'en rapprochera le plus possible :

SERVICE DE ______________________

FOURNITURE OU TRANSPORT D______________________

LIEU DE L'ADJUDICATION : ______________________

Date : ______________________

NATURE DES FOURNITURES ou des transports.	UNITÉ adoptée.	PRÉCÉDENTES ADJUDICATIONS.			VARIATIONS		SOMME destinée à parer aux aléas de l'adjudication.	PRIX-LIMITE proposé par le chef du service.	OBSERVATIONS.
		DATE.	PRIX MOYEN résultant des diverses soumissions.	PRIX auquel la fourniture ou le transport a été adjugé.	DES COURS commerciaux depuis la précédente adjudication (+/−)	DIVERSES. (+/−)			
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.

Lorsque l'adjudication la plus récente n'a pas donné de résultats, on indique sommairement, dans la colonne d'observations, les causes de l'insuccès total ou partiel (abstention des soumissionnaires, irrégularités ayant amené l'annulation des opérations, dépassement du prix-limite), et, le cas échéant, on porte dans la colonne 5 le prix offert par le moins-disant.

Les nombres à porter dans la colonne 6 résultent de la comparaison des cours commerciaux dans la région à l'époque de la précédente adjudication et à l'époque où les propositions sont faites; le rapport indique à quelle source ce renseignement a été puisé.

On peut, pour l'obtenir, s'adresser utilement aux Chambres de Commerce, aux Chambres syndicales, aux Chambres consultatives des Arts et Manufactures, etc.

Les nombres portés dans la colonne 7, qui doivent être également justifiés dans le rapport, résultent des circonstances particulières qui peuvent différencier les conditions

de la précédente adjudication de celles auxquelles se rapportent les propositions, telles que variations résultant des cours pour les marchés à terme, différences des prix de transport, conditions de réception plus ou moins sévères, tendance à la hausse ou à la baisse, etc.

Les nombres à porter dans la colonne 8 doivent être au plus égaux à la différence des nombres des colonnes 4 et 5; ils sont destinés à tenir compte de l'abstention éventuelle de quelques fournisseurs, abstention qui peut avoir pour effet de relever les prix sans qu'il y ait lieu de considérer que les intérêts de l'État en soient lésés.

Ce Tableau est accompagné d'un rapport justificatif qui donne, le cas échéant, l'explication des différences existant entre les chiffres de la colonne 9 et la somme algébrique de ceux des colonnes 5, 6, 7 et 8. Il contient, en outre, l'indication succincte de tous les éléments qui ont servi au calcul des chiffres des colonnes 6, 7, 8.

Il appartiendra d'ailleurs aux services de modifier, dans certains cas particuliers, la manière de présenter leurs propositions de prix-limites en s'inspirant des instructions qui précèdent, dont le but est de mettre en évidence toute l'importance qu'attache le sous-secrétaire d'État à disposer de renseignements exacts et précis pour arrêter sa décision.

Mode d'envoi des propositions de prix-limites. — Les propositions de prix-limites, ainsi que le rapport justificatif, sont adressés sous double enveloppe ; le pli intérieur cacheté porte la mention « Très confidentiel » et une indication sommaire du contenu sous la forme suivante :

Port (ou établissement) de.......................... ...
Proposition de prix-limite pour l'adjudication du........
Fourniture de..

Monsieur
le sous-secrétaire d'État à la Marine.
(*Direction de*..............)
Paris.

TRÈS CONFIDENTIEL.

Un bordereau d'envoi mentionnant la date de l'adjudication et l'objet de la fourniture est placé dans l'enveloppe extérieure.

Avant de transmettre les propositions de prix-limite au sous-secrétaire d'État, les directions et services de l'administration centrale les examinent et formulent eux-mêmes leur avis.

C'est d'après l'ensemble des renseignements ainsi fournis que le sous-secrétaire d'État fixe les prix-limites définitifs et les fait parvenir aux services intéressés.

En ce qui concerne les adjudications passées à Paris, les propositions sont faites directement au sous-secrétaire d'État par le service de l'administration centrale intéressé, dans la forme prescrite ci-dessus pour les propositions venant des autorités locales.

Le sous-secrétaire d'État de la Marine,
Henry Chéron.

N° 3. — Circulaire relative à la préparation des cahiers des charges ou projets de traité de gré à gré.

Paris, 17 septembre.

La préparation des cahiers des charges ou projets de traité de gré à gré présente une importance considérable, puisque la bonne exécution des marchés en dépend dans une large mesure.

Parmi les critiques auxquelles ont donné lieu les errements actuels, on peut citer les suivantes :

1° L'époque tardive à laquelle les cahiers des charges sont rédigés et arrêtés;

2° L'ignorance des conditions du travail et des particularités des branches du commerce ou de l'industrie auxquelles on fait appel;

3° Le manque de précision des conditions imposées ou même, dans certains cas, les erreurs techniques défavorables à l'État dans les stipulations intervenues (rapport de la commission d'enquête sur la Marine).

D'autre part, le sous-secrétaire d'État attache une importance toute spéciale à ce qu'il soit tenu compte, dans les cahiers des charges, des dispositions en vigueur en ce qui concerne l'application du décret du 10 août 1899 sur les conditions du travail, du décret du 4 juin 1888 relatif aux sociétés d'ouvriers français, et, en général, de la réglementation ouvrière.

Enfin il y a lieu de se préoccuper, dans l'établissement des cahiers des charges, des mesures destinées à favoriser la production nationale.

Dans ces conditions, le sous-secrétaire d'État a arrêté les dispositions suivantes :

I.

ÉPOQUE DE L'ÉTABLISSEMENT DES CAHIERS DES CHARGES.

Les cahiers des charges, qu'il s'agisse de marchés par adjudication ou de marchés de gré à gré, applicables aux marchés de longue durée ou d'une importance supérieure à 30000fr, sont rédigés en projet, autant que possible plusieurs mois avant l'époque à laquelle les marchés doivent être passés.

II.

COMMUNICATION DES PROJETS DE CAHIERS DES CHARGES AUX CHAMBRES SYNDICALES.

Les projets de cahiers des charges sont communiqués, lorsqu'il y a lieu, aux chambres syndicales patronales et ouvrières compétentes, qui seront ainsi mises à même de formuler les observations concernant les conditions particulières des branches du commerce et de l'industrie auxquelles on fait appel. Cette communication est de nature à prévenir, en particulier, l'introduction dans les cahiers des charges de clauses imposant inutilement des conditions peu commerciales, qui se traduisent par des majorations de prix.

Dans le cas où un bordereau de salaires doit être annexé au marché, on provoquera l'accord prévu par l'article 3 du décret du 10 août 1899 entre les syndicats patronaux et ouvriers pour la constatation du taux normal des salaires.

A défaut de cette entente, on réclamera l'avis des commissions mixtes, syndicats professionnels, conseils de prud'hommes et personnes compétentes désignées au même article du décret.

III.

APPLICATION DU DÉCRET DU 10 AOUT 1899 SUR LES CONDITIONS DU TRAVAIL.

Il convient d'insérer, dans les cahiers des charges de tous les marchés de travaux et de certains marchés de fournitures, les conditions particulières, relatives à la main-d'œuvre, prévues au décret du 10 août 1899 et par la loi du 13 juillet 1906 sur le repos hebdomadaire.

A cet effet, les divers services du département de la Marine doivent se conformer aux indications suivantes :

D'après l'article 1er, les dispositions du décret sont obligatoires pour tous les marchés de travaux publics ou de fournitures passés au nom de l'État, en ce qui concerne la main-d'œuvre de ces travaux ou fournitures, « dans les chantiers ou ateliers organisés ou fonctionnant en vue de l'exécution du marché ».

Cet article demande quelques explications, et il convient de distinguer :

1° *Les marchés de travaux neufs.* — Les conditions du décret sont obligatoires pour tous les ouvriers employés sur les chantiers proprement dits; quant aux travaux que l'entrepreneur pourrait faire exécuter dans les ateliers lui appartenant ou chez des sous-traitants (ferronnerie, serrurerie, menuiserie, etc.), l'administration ne saurait intervenir efficacement que si ces ateliers ont été principalement organisés en vue de l'exécution du marché. Dans le cas contraire, il serait généralement impossible de distinguer la main-d'œuvre des travaux exécutés pour le compte de l'État de la main-d'œuvre des travaux de l'industrie privée, et, pour éviter de sérieuses difficultés, les cahiers des charges devront, jusqu'à nouvel ordre, s'abstenir de prévoir des clauses relatives à la main-d'œuvre dans ces ateliers.

2° *Les marchés de travaux d'entretien.* — L'entrepreneur est habituellement un industriel de la localité ayant des ateliers où il travaille pour les particuliers. Il sera impossible d'exiger de lui l'application du décret dans ses ateliers, mais il devra s'y soumettre pour tous les ouvriers travaillant à l'intérieur du domaine maritime et pour le temps qu'ils y seront employés.

3° *Les marchés de fournitures.* — Le décret doit être appliqué, en principe, non seulement dans tous les marchés de travaux, mais aussi dans tous les marchés de fournitures exécutés pour le compte de la Marine.

Mais, pour ces derniers, toute stipulation serait vaine si elle s'étendait à des objets d'un usage courant dans l'industrie, qui n'auraient pas été spécialement fabriqués en vue du marché passé avec l'État.

Il n'y aura donc lieu de prévoir de stipulation à cet égard que pour les fournitures qui peuvent, au moment de leur fabrication, être en quelque sorte individualisées et présenter une destination en dehors de laquelle on ne saurait prévoir pour elles d'acquéreur normal et régulier.

De plus, elles doivent être fabriquées dans « des ateliers organisés ou fonctionnant en vue de l'exécution du marché », et l'expression atelier doit désigner strictement non point l'ensemble d'un établissement industriel : usine, manufacture, fabrique, mais tout atelier, tout groupe d'ouvriers distinct ou pouvant être distingué, qui fonctionne principalement en vue de l'exécution du marché.

L'application du décret est la règle; la non-application l'exception. Dans tous les cas où il s'agit de travaux d'appropriation, de fabrication spéciale, de constructions exécutées expressément à la demande de l'État, pour lui, sur les indications de ses agents et non pour le commerce courant, les clauses relatives à la main-d'œuvre doivent être prévues par les cahiers des charges et strictement appliquées. Cette application sera d'ailleurs intégrale, c'est-à-dire que tous les ouvriers employés en bénéficieront, si le travail ou la fabrication dont il s'agit nécessite, d'un bout à l'autre, un personnel spécialisé dans cette fabrication; partielle, si certaines opérations, manutentions, nickelage, étamage, etc., s'effectuent en confondant les fabrications de l'État avec les fabrications courantes. C'est dire qu'en aucun cas l'on ne devra envisager l'application des conditions du travail, prévues par le décret, à la production des matières premières d'usage général : acier, fonte, cuivre, houille, etc., dont l'entrepreneur ou le fournisseur doit s'approvisionner pour l'exécution du marché. Mais l'observation des clauses y relatives doit être exigée des producteurs de toutes matières, fabriquées spécialement par l'entrepreneur ou le fournisseur, en vue de la commande dont il est chargé.

Aux termes de l'article 2 du décret, les sous-traitants autorisés sont, du reste, soumis aux mêmes obligations que les entrepreneurs ou fournisseurs titulaires de marchés.

Aucun marché de travaux ou de fournitures ne sera approuvé si le cahier des charges correspondant ne comporte l'insertion des clauses prévues par le décret du 10 août 1899, ou si la non-insertion n'est justifiée par des motifs probants développés dans le rapport d'envoi à l'administration centrale.

IV.

DISPOSITIONS AYANT POUR BUT DE FACILITER AUX SOCIÉTÉS D'OUVRIERS L'ACCESSION AUX MARCHÉS.

La multiplication et le développement des sociétés coopératives de production présentent, au point de vue social, un intérêt de premier ordre. L'entrée dans l'une de ces associations rehausse, en effet, la condition morale du travailleur : elle améliore de plus sa situation matérielle, puisqu'elle lui permet de joindre au salaire de l'ouvrier le profit de l'entrepreneur, c'est-à-dire de recueillir intégralement le produit de son travail.

Le Gouvernement de la République ne pouvait manquer de marquer sa sollicitude à des organisations aussi intéressantes et aussi fécondes en heureux résultats. Aussi, par décret du 4 juin 1888, a-t-il pris en faveur des sociétés d'ouvriers diverses mesures destinées à leur faciliter l'accession aux marchés de l'État, savoir :

1° Lotissement obligatoire des travaux ou fournitures, *en tenant compte de la nature des professions intéressées ;*

2° Dispense de cautionnement pour les marchés dont l'importance ne dépasse pas 50000fr ;

3° Préférence acquise à la société dans le cas d'égalité de rabais avec un entrepreneur ou fournisseur ;

4° Payements d'acomptes tous les quinze jours.

Il est indispensable que ces dispositions soient strictement observées, en particulier celles qui sont relatives au lotissement et à la délivrance des acomptes.

Dans les associations ouvrières, en effet, le capital se produit, s'accroît, se renouvelle avec une extrême lenteur; aussi, dans la plupart des cas, ne peuvent-elles se charger d'un marché de l'État que si le travail ou la fourniture dont il s'agit n'exige pas une mise de fonds trop considérable, et si des acomptes se rapprochant le plus possible des débours effectués sont délivrés régulièrement aux époques prévues.

Eu égard à ces considérations, lorsqu'il s'agit de travaux ou de fournitures susceptibles d'être soumissionnées par une société d'ouvriers, les cahiers des charges devront faire mention des conditions particulières visées par le décret du 4 juin 1888, et le montant des lots devra être abaissé dans la mesure convenable, selon la nature des professions intéressées.

V.

DISPOSITIONS DESTINÉES A FAVORISER LA PRODUCTION NATIONALE.

Il y a lieu de tenir compte, dans la rédaction du cahier des charges, de la nécessité de favoriser, dans toute la mesure du possible, l'agriculture et l'industrie nationales dans les adjudications et marchés du département de la Marine.

On se conformera, à cet égard, aux règles suivantes :

Les fournisseurs et entrepreneurs de nationalité étrangère ne seront admis à participer à une adjudication ou à un traité de gré à gré que s'ils obtiennent du sous-secrétaire d'État une autorisation spéciale de concourir.

En principe, les produits français seront toujours préférés aux produits étrangers. Toutefois, les produits étrangers ne sauraient être l'objet d'une exclusion absolue ; en effet, certains produits nécessaires à la Marine n'existent pas en France ou ne s'y trouvent pas en quantité suffisante ; d'autre part, l'exclusion des produits étrangers pourrait être,

dans certains cas, préjudiciable aux intérêts du Trésor; enfin, il peut être parfois très difficile de distinguer certains produits étrangers des produits français de même nature.

La règle à suivre est d'exiger la fourniture de produits français toutes les fois qu'il n'y a pas impossibilité matérielle et que le privilège ainsi accordé à la production nationale ne doit pas être trop onéreux pour l'État. Dans ces conditions, il importe de statuer toujours, par des décisions spéciales, sur l'admission des produits étrangers. Cette admission est autorisée, pour chaque cas particulier, par le sous-secrétaire d'État, sur la proposition du service intéressé, lequel doit tenir compte des ressources nationales et des cours respectifs des produits de diverses provenances.

A cet effet, lorsque le service croira devoir proposer l'admission de produits étrangers, il joindra au projet de cahier des charges un avis motivé visant le point particulier.

Pour l'application des dispositions qui précèdent, les produits des colonies françaises et des pays de protectorat français sont assimilés aux produits français sauf décision contraire du sous-secrétaire d'État.

VI.

EXAMEN DES PROJETS DE CAHIERS DES CHARGES PAR LA COMMISSION PERMANENTE DES MACHINES ET DU GRAND OUTILLAGE OU PAR LA COMMISSION PERMANENTE DES MARCHÉS.

Les projets de cahiers des charges élaborés par les services sont communiqués à la commission permanente des machines et du grand outillage ou à la commission permanente des marchés, avec toutes les observations énoncées par les représentants de l'industrie, du commerce, des chambres syndicales ouvrières et autres, à la suite des communications auxquelles ces projets ont pu donner lieu.

La commission intéressée formule, dans un délai aussi court que possible, un avis tenant compte à la fois des nécessités des services du département et des desiderata formulés par les divers organes consultés. Cet avis est accompagné de contre-propositions, s'il y a lieu. Toutes les fois qu'elle n'est pas suffisamment éclairée, la commission fait d'ailleurs appel au concours d'un ou plusieurs membres des chambres syndicales compétentes.

L'avis émis par la commission est soumis au sous-secrétaire d'État avec le visa et, s'il y a lieu, les observations de la direction intéressée, de manière que le cahier des charges, les bordereaux de salaires et toutes autres annexes, s'il y a lieu, soient complètement et définitivement arrêtés un mois avant la date de la passation des marchés.

Sauf les cas d'urgence et ceux où le secret est nécessaire, ces dispositions seront strictement appliquées.

Le sous-secrétaire d'État de la Marine,
HENRY CHÉRON.

N° 4. — Circulaire relative à l'organisation et au fonctionnement de la commission permanente des machines et du grand outillage et de la commission permanente des marchés.

Paris, le 17 septembre 1909.

Aux termes de la réglementation en vigueur, les marchés passés à Paris sont préparés et conclus :

Soit par la commission permanente des marchés, si le marché a lieu par adjudication publique, ou bien s'il concerne des approvisionnements ou du matériel courant : tels, les marchés de charbon ;

Soit par la commission permanente des machines et du grand outillage, s'il s'agit de traiter de gré à gré, avec ou sans concurrence, pour des fournitures comportant discussion technique : tels, les bâtiments complets, les machines, chaudières, etc.

D'autre part, le service hydrographique passe directement ses marchés de matériel spécial, acceptés par le conseil d'administration de ce service.

Enfin, les divers bureaux du ministère conduisent eux-mêmes les pourparlers relatifs aux traités par correspondance.

Chaque service de l'administration centrale règle d'ailleurs le mode de procéder des ports et établissements pour les marchés de son ressort.

Tous ces traités, qui engagent chaque année une somme voisine de 150 millions, n'ont d'autre lien que le cahier des conditions générales du 10 mai 1901. Ils affectent des formes différentes et, ce qui est plus grave, diffèrent souvent dans les clauses de même espèce, lesquelles pourraient, en nombre de cas, être simplifiées. Il est superflu d'insister sur l'inconvénient d'un tel état de choses.

De plus, pour la plupart des articles, les marchés des ports sont passés au courant des besoins, par quantités souvent minimes et à des prix fort variables.

Enfin, les services ignorent réciproquement leurs marchés généraux.

Il paraît indispensable de soumettre à des règles communes les contrats, de source diverse, qui engagent des intérêts aussi importants.

Uniformiser et simplifier les conditions des marchés de la Marine;

Les mettre en accord avec les usages commerciaux, chaque fois qu'il n'y a pas péril à le faire;

Veiller à la stricte observation des règles établies;

Résumer et grouper les besoins au mieux des intérêts de l'État.

Tel doit être le rôle d'une centralisation bien organisée, possédant des moyens d'action rapides, afin de ne pas arrêter les affaires, et disposant d'une minutieuse statistique pour les bien informer.

Pour atteindre ce but, le sous-secrétaire d'État a décidé d'élargir les attributions et de préciser le rôle de la commission permanente des machines et du grand outillage et de la commission permanente des marchés. Ces deux commissions réorganisées fonctionneront d'après les dispositions ci-après :

I,

DISPOSITIONS GÉNÉRALES.

Les pouvoirs actuellement conférés aux divers services du ministère en matière de passation de marchés sont transférés à la commission permanente des marchés et à la commission permanente des machines et du grand outillage.

Le rôle essentiel de ces commissions est de rechercher et de signaler au sous-secrétaire d'État tous moyens propres à obtenir, dans l'ensemble des fournitures de la Marine, les conditions les plus avantageuses aux intérêts de l'État.

Elles appliquent ces moyens aux contrats confiés à leurs soins, et en poursuivent l'application aux autres marchés de la Marine.

II.

COMPOSITION DES COMMISSIONS.

Les commissions auront la composition suivante :

1° Composition de la commission permanente des machines et du grand outillage.

La commission permanente des machines et du grand outillage est composée comme il suit :

A. — Membres permanents.

L'inspecteur général du génie maritime, président.

Le directeur du génie maritime, adjoint à l'inspecteur général.

Le mécanicien général de 2e classe, chargé de l'inspection des charbonnages, membre de la commission permanente des marchés.

Le directeur du génie maritime, directeur du service de la surveillance des travaux confiés à l'industrie.

Le colonel d'artillerie, inspecteur des fabrications d'artillerie.

Un capitaine de vaisseau.

Un ingénieur en chef du génie maritime.

Un officier supérieur d'artillerie.

L'officier supérieur du commissariat, membre de la commission permanente des marchés.

Un ingénieur des ponts et chaussées.

Le chef du bureau que l'affaire concerne.

Un agent administratif du personnel des directions de travaux, secrétaire.

Le contrôleur, chargé du contrôle du service que l'affaire concerne, assiste aux délibérations, avec voix représentative.

B. — Membres consultatifs.

Les officiers de la section technique des constructions navales sont appelés à assister aux délibérations, pour toute affaire concernant les plans établis ou acceptés par la section technique.

Le chef du bureau du contentieux, le délégué des directions près le magasin central peuvent aussi être appelés à prendre part aux séances de la commission.

La commission peut aussi s'adjoindre, si elle le juge convenable, tout officier ou fonctionnaire de l'administration centrale, du service de la surveillance, ou de l'inspection des fabrications, qu'elle estime qualifié pour lui fournir des renseignements utiles sur l'affaire en discussion ; ceci sur simple convocation du président, mais après entente avec le chef du service auquel appartient ledit officier ou fonctionnaire.

Les officiers ou fonctionnaires visés par le présent article sont entendus à titre purement consultatif, mais ils signent au procès-verbal de la séance.

En cas d'absence ou d'empêchement du président, la présidence de la commission appartient au membre titulaire le plus élevé en grade ou, à grade égal, au plus ancien.

Chacun des autres membres est suppléé par un officier ou fonctionnaire appartenant au même corps ou au même service : ces suppléants sont désignés à l'avance.

L'officier d'artillerie est rapporteur : pour toute affaire concernant les achats de canons ou éléments de canons, d'affûts, de munitions ou de matériel spécial d'artillerie.

L'ingénieur des ponts et chaussées, pour les travaux et fournitures spéciales au service des bâtiments civils.

L'ingénieur en chef du génie maritime, pour toute affaire concernant les constructions navales et pour les affaires communes.

Sauf circonstances spéciales dont le président est juge, chacun des rapporteurs est pourvu de la délégation permanente de la commission pour engager tous pourparlers avec les fournisseurs, concernant les affaires dont il est chargé, discuter avec eux les clauses du contrat et les prix, leur signifier les décisions de la commission.

Il est tenu procès-verbal des séances de la commission sur un registre spécial soumis pour chaque séance à la signature des membres présents.

La correspondance avec les divers services de la Marine est visée par le président.

Le secrétaire de la commission est assisté d'un personnel permanent pour assurer l'expédition des affaires.

2° Composition de la commission permanente des marchés.

La commission permanente des marchés est composée comme il suit :

A. — Membres permanents.

L'inspecteur général du commissariat, président.

Le mécanicien général de 2e classe, chargé de l'inspection des charbonnages.

Le capitaine de vaisseau membre de la commission permanente des machines et du grand outillage.

L'ingénieur en chef du génie maritime, membre de la commission permanente des machines et du grand outillage.

Un officier supérieur du commissariat.

Un médecin de la Marine.

Un pharmacien de la Marine.

Un officier supérieur du service hydrographique.

Le chef du bureau que l'affaire concerne.

Le sous-chef de bureau, délégué des directions près le magasin central, secrétaire.

Le contrôleur, chargé du contrôle du service que l'affaire concerne, assiste aux délibérations avec voix représentative.

B. — Membres consultatifs.

Le chef du bureau du contentieux peut être appelé à prendre part aux séances de la commission, qui a d'ailleurs la latitude de s'adjoindre, si elle le juge utile, tout officier ou fonctionnaire de l'administration centrale qu'elle estime qualifié pour lui fournir des renseignements utiles sur l'affaire en discussion. Le président s'entendra, à cet effet, avec le chef du service auquel appartient ledit officier ou fonctionnaire et fera la convocation.

Les officiers ou fonctionnaires dont il s'agit sont entendus à titre purement consultatif, mais ils signent au procès-verbal de la séance.

En cas d'absence ou d'empêchement du président, la présidence de la commission appartient au membre titulaire le plus élevé en grade ou, à grade égal, au plus ancien.

Chacun des autres membres est suppléé par un officier ou fonctionnaire appartenant au même corps ou au même service. Ces suppléants sont désignés à l'avance.

Le mécanicien général est rapporteur pour toutes affaires concernant les achats de charbon.

L'officier du commissariat, pour les vivres, objets d'habillement, matières consommables et approvisionnements destinés aux services de la flotte armée.

Le médecin, pour le matériel spécial du service de santé.

Le pharmacien, pour les médicaments.

L'officier du service hydrographique, pour les fournitures de matériel spéciales à ce service.

Le président désigne les rapporteurs pour les autres affaires soumises à la commission.

Il est tenu procès-verbal des séances de la commission sur un registre spécial soumis pour chaque séance à la signature des membres présents.

La correspondance avec les divers services de la Marine est visée par le président.

III.

ATTRIBUTIONS RESPECTIVES DE LA COMMISSION PERMANENTE DES MACHINES ET DU GRAND OUTILLAGE ET DE LA COMMISSION PERMANENTE DES MARCHÉS.

Rentrent dans les attributions de la commission permanente des machines et du grand outillage :

La préparation des cahiers des charges et marchés et l'examen des questions se rapportant aux achats de navires, de machines, d'objets de grand outillage et, d'une manière générale, aux achats de matériel des constructions navales, de l'artillerie navale et des travaux hydrauliques pour lesquels le contrat prévoit l'intervention du service de la surveillance ou de l'inspection des fabrications.

Dans les autres cas, c'est la commission permanente des marchés qui sera compétente.

Chaque commission, dans la sphère des attributions ainsi définies, et dans la mesure que comportent les affaires traitées, a le rôle général défini ci-après :

a. Elle prépare et conclut, sur l'ordre du sous-secrétaire d'État et sous réserve de son approbation, tous les marchés passés à Paris. Elle procède aux adjudications, s'il y a lieu.

b. Elle examine, avant présentation au sous-secrétaire d'État, tous cahiers des charges préparés, tous marchés conclus par les ports et établissements de la Marine et soumis à l'approbation du sous-secrétaire d'État suivant les prescriptions formulées par la circulaire spéciale sur la passation des marchés.

c. Elle donne son avis sur les cas de litige nés de difficultés dans l'interprétation des clauses des marchés.

d. Les commissions ont enfin des attributions d'ordre spécial s'étendant à toutes les questions qui concernent la réglementation des marchés.

a. Marchés traités par les commissions.

Les projets de cahiers des charges ou de marchés sont préparés par le rapporteur intéressé d'après les références indiquées par l'ordre du sous-secrétaire d'État spécial à l'affaire, et après entente avec le chef du service sur la proposition duquel a été émis cet ordre.

Les conditions techniques sont fournies au rapporteur par ledit service, à moins qu'elles ne soient fixées par un règlement ou par l'usage.

Pour les fournitures importantes (bâtiments, appareils moteurs, etc.), les projets des cahiers des charges sont communiqués pour avis au service chargé de la surveillance.

Les cahiers des charges sont arrêtés et discutés en séance par la commission; le dépouillement des soumissions de prix a lieu avant séance, par les soins du rapporteur intéressé et du secrétaire de la commission, en présence du contrôle.

Après examen des offres des fournisseurs et, s'il y a lieu, des modifications demandées par eux aux clauses du cahier des charges, les marchés acceptés par la commission sont signés séance tenante par tous les membres ayant voix délibérative.

b. Cahiers des charges et marchés des ports et établissements.

Les cahiers des charges et marchés préparés par les ports et établissements sont revisés par la commission intéressée avant d'être soumis par les directions à l'approbation du sous-secrétaire d'Etat.

L'examen de ces affaires courantes prime tout autre service; en principe, la commission doit les adresser au sous-secrétaire d'État :

Quarante-huit heures au plus après leur réception, si les observations à formuler sont de peu d'importance et n'exigent pas discussion en séance;

Huit jours au plus si le président estime devoir saisir la commission de ces observations.

Dans tous les cas, le cahier ou marché n'est pas contresigné par la commission, qui se borne à y apposer son timbre.

L'avis de la commission est formulé sur une feuille spéciale de couleur très visible (couleur rouge) qui reste jointe au dossier. Cet avis, signé par le rapporteur chargé de l'examen de l'affaire, est visé par le président.

Examen des cahiers des charges. — Dans l'examen des cahiers des charges, la commission compétente s'attache notamment :

A donner une forme unique aux marchés de même nature passés par les divers services de la Marine;

A adopter une rédaction claire, précise, méthodique, propre à prévenir toute difficulté d'interprétation ;

A supprimer tout double emploi avec les conditions générales soit techniques, soit administratives;

A vérifier que les dérogations faites à ces conditions sont fondées et peuvent être admises.

La commission apprécie encore :

Si les clauses stipulées sauvegardent convenablement les intérêts du Trésor et de la Marine, sans imposer cependant aux fournisseurs des formalités compliquées ou des obligations excessives, susceptibles d'écarter des concurrents ou d'entraîner une majoration des prix ;

Si les conditions d'exécution se rapprochent, dans toute la mesure possible, des usages du commerce et de la pratique industrielle, et si elles ont été arrêtées en tenant un compte suffisant des desiderata exprimés par les groupements professionnels intéressés.

Pour faciliter les études de préparation et de revision des cahiers des charges, la commission a la faculté de faire appel au concours des chambres de commerce ou des chambres syndicales. Toute la correspondance est signée, en l'espèce, par le président.

Examen des marchés. — Pour les marchés soumis à son avis, la commission intéressée, en sus des points visés ci-dessus, examine si les prix obtenus sont acceptables eu égard aux cours du commerce.

A ce point de vue, les pouvoirs de la commission sont aussi étendus que possible; elle doit donner un avis défavorable à tout marché dont les conditions sont onéreuses pour l'État et dépassent, en tenant, bien entendu, un compte suffisant des exigences particulières de la marine, les cours réels des matières et fabrications.

Il appartient, par suite, à la commission de recueillir tous renseignements nécessaires, de se tenir au courant des cours commerciaux, et de contrôler les prix offerts avec la plus grande sévérité.

Si le marché a été passé de gré à gré, la commission s'assure que la nature du contrat justifie l'exception faite à la règle de l'adjudication publique, et que les circonstances invoquées rentrent bien dans l'un des cas de dérogations énumérés aux paragraphes 2° à 15° de l'article 18 du décret du 18 novembre 1882.

Marchés généraux. — En rapprochant par nature d'objets les marchés passés par les divers services de la Marine, la commission s'efforce de condenser ces commandes éparses en des marchés généraux, dont la passation peut être confiée à des ports ou établissements désignés, mais sur lesquels chaque port ou établissement peut émettre ses propres commandes; certains de ces marchés sont conclus et suivis à Paris, principalement ceux qui concernent du matériel spécial.

La commission se tient au courant de la situation de ces marchés et fixe les époques convenables pour en engager le renouvellement; elle provoque alors, de la part des divers services de l'administration centrale, la fixation des nouveaux besoins; elle détermine, en conséquence, la durée du marché et le lotissement de la fourniture.

Elle apprécie les cas de prorogation.

Dans chaque cas, la commission provoque l'ordre du sous-secrétaire d'État, par l'intermédiaire de la direction intéressée.

c. Examen des difficultés nées de l'interprétation des clauses des marchés.

Les contestations et litiges auxquels donne lieu, soit au cours d'exécution, soit au moment de la recette, soit pendant le délai de garantie, l'interprétation des clauses des marchés, sont soumis à l'examen de la commission compétente.

Les avis formulés en l'espèce sont consignés au procès-verbal et soumis avec le visa de la direction intéressée à la décision du sous-secrétaire d'État.

d. Attributions générales concernant la réglementation des marchés.

Au point de vue général, les commissions sont chargées chacune en ce qui la concerne :

1° De proposer au sous-secrétaire d'État toutes modifications à la réglementation des marchés et d'émettre un avis sur toute proposition de l'espèce émanant des divers services ;

2° De veiller à la stricte observation des conditions approuvées et des règles établies et d'apprécier les dérogations jugées nécessaires dans les cas exceptionnels;

3° De rechercher et proposer au sous-secrétaire d'État tout mode de traiter, toute durée de contrat, tout lotissement des marchés ou des commandes, capables de réaliser un avantage sur l'ensemble des dépenses de l'État.

Le tout, en s'inspirant des nécessités réelles des besoins de la Marine et en ayant égard aux usages du commerce.

Dans leurs divers travaux, les commissions s'efforcent de faire prévaloir les doctrines de la commission extraparlementaire, instituée par le décret du 12 octobre 1905 (finances), et de la commission interministérielle, instituée par le décret du 22 juin 1908 (travaux publics); se référant aux conclusions de ces deux commissions, elle en assure l'application dans la mesure du possible.

Les commissions ont toute initiative pour proposer au sous-secrétaire d'État toutes modifications aux conditions générales arrêtées par le département pour les fournitures, travaux et entreprises, ainsi qu'aux instructions ministérielles régissant la réglementation des marchés; les propositions émises à ce sujet par les divers services de la Marine sont soumises à leur avis préalable. Elles reçoivent ampliation des décisions intervenues.

Les commissions sont chargées de tenir à jour l'ensemble de la réglementation des marchés et de la codifier en un document imprimé dit « *Réglementation des marchés* », destiné aux seuls services de la Marine et réimprimé tous les deux ans. Une édition réduite, renfermant notamment les conditions générales, est livrée à la publicité.

En raison de l'intérêt évident qui s'attache à la plus grande stabilité dans les conditions d'ordre général imposées aux fournisseurs, les commissions veillent à ce que la réglementation confiée à leurs soins ne soit modifiée que dans le cas de nécessité absolue et d'urgence évidente. Hormis ces cas tout exceptionnels, les modifications reconnues utiles sont reportées à la prochaine réimpression.

Pour cette partie de leur tâche, qui concerne la codification de la réglementation des marchés, les deux commissions nomment des délégations permanentes qui se réunissent et forment ainsi une sous-commission commune. Le code des marchés préparé par la sous-commission sera arrêté par les deux commissions réunies en séance plénière.

Dispositions spéciales pour le service des recettes.

Lorsqu'il y a lieu, la commission compétente procède à la recette du matériel commandé par ses soins, à moins toutefois que le marché ne prévoie la recette par le service chargé de la surveillance ou au port destinataire.

Informé de l'achèvement de l'ouvrage par le service de la surveillance (ou de la livraison des objets par le magasin central), le président convoque, pour procéder à la recette, une commission composée comme suit :

Le capitaine de vaisseau, membre de la commission, président;

Un ingénieur ou un officier d'un autre corps de la Marine, ce membre technique étant choisi parmi le personnel attaché à la commission ou aux services techniques du ministère;

Le sous-chef de bureau délégué des directions près le magasin central.

En cas de recette définitive, le garde-magasin central est présent aux opérations finales tendant à cette recette.

Sauf le cas de recette définitive, la commission de recette peut déléguer ses pouvoirs au membre technique : et même si l'exécution du marché a été surveillée en usine, elle peut donner sa délégation à l'officier chargé de cette surveillance. Le président de la commission de recette est juge de la convenance de ces délégations; il en use dans le cas où la recette en cause motive des voyages coûteux, ou bien dans le cas où la fourniture comporte une série d'appareils entraînant la répétition d'essais semblables; dans ce dernier cas, et sauf incidents, la commission se borne à assister aux essais du premier appareil.

Pour la partie matérielle de ses opérations, la commission peut se faire assister par l'agent contrôleur qui en a surveillé la fabrication.

La convocation des commissions de recette est assurée par les rapporteurs respectifs, agissant par ordre du président : ils donnent avis au contrôle central.

Les procès-verbaux ou rapports relatifs aux opérations de recette sont directement transmis aux bureaux intéressés, qui adressent les réponses, lorsqu'il y a lieu, au président de la commission de recette.

Toutefois, le membre technique de la commission de recette rend compte, en chaque cas, au rapporteur intéressé des incidents survenus à la recette : ceci, en vue des enseignements à en tirer pour la rédaction des marchés futurs de même espèce.

Établissement de statistiques.

Les commissions tiennent, chacune en ce qui la concerne, la statistique des prix d'achat de la Marine. Dans ce but, il leur est adressé un exemplaire imprimé de tout contrat passé ou non par leurs soins.

Chaque marché donne lieu à une fiche statistique, relatant succinctement les conditions spéciales qui ont agi sur le prix d'achat, ainsi que les incidents notables survenus au cours de l'exécution ou de la recette et de nature à entraîner des modifications dans les clauses en vigueur.

La statistique est établie de manière à permettre à chaque instant la comparaison des prix obtenus aux prix commerciaux correspondants et à en dégager les plus-values qui résultent des exigences spéciales de la Marine.

Les présidents des commissions donnent des instructions pour assurer le fonctionnement de ce service.

Autant que possible, les résultats statistiques sont traduits en tableaux graphiques.

Dispositions relatives à la transmission des documents.

Les commissions adressent les marchés préparés par elles ainsi que leurs rapports ou avis, à la direction qui a émis la dépêche correspondante.

En soumettant les affaires à la décision du sous-secrétaire d'État, les directions signalent spécialement les points sur lesquels l'accord n'a pu s'établir entre elles et les commissions compétentes.

Toutefois, le président de chaque commission correspond directement avec le sous-secrétaire d'État pour les affaires émanant de l'initiative de la commission.

Il correspond également avec les divers services des ports et avec les établissements hors des ports.

Afin d'éviter toute perte de temps, les marchés et cahiers des charges provenant des ports et établissements sont adressés à Paris sous le timbre de la commission compétente qui, après examen, les soumet au sous-secrétaire d'État. La réexpédition aux ports et établissements est assurée par la direction centrale intéressée.

D'autre part et dans le même ordre d'idées, ces marchés et cahiers des charges sont transmis directement aux commissions compétentes, sans qu'il y ait lieu de faire intervenir le conseil d'administration du port ou établissement.

Le sous-secrétaire d'État de la Marine,
Henry Chéron.

(*Journal officiel* du 18 septembre 1909.)

Projet de loi concernant l'utilisation de la voirie par les installations électriques.

Proposé par le *Verband Deutscher Elektrotechniker* et l'*Union des Centrales* (nouvelle rédaction élaborée dans la séance du 8 mars 1909) [1].

1. Objet de la loi. — Définitions des voies de communication et des installations publiques.

La loi relative à l'utilisation de la voirie par les installations électriques règle les droits à l'utilisation des voies de communication et des propriétés privées pour l'établissement des canalisations des installations électriques publiques, en l'absence de tout autre accord.

Sont considérés comme voies de communication dans le sens de cette loi, les chemins, places et ponts publics, les cours d'eau avec leurs rives, au-dessous et au-dessus du sol [2].

Sont considérées comme installations électriques publiques dans le sens de cette loi, toutes les installations de production, distribution ou utilisation d'énergie électrique qui présentent un intérêt public.

Il incombe à l'autorité compétente (*voir* § 15) d'apprécier, après enquête, si l'installation possède le caractère d'installation publique et, dans l'affirmative, de faire connaître officiellement que cette qualité lui a été reconnue.

Cette qualité peut être révoquée dans un délai convenable si le caractère d'intérêt public vient à disparaître.

Les intéressés ont, pendant trois mois, le droit d'appel à l'autorité centrale d'État, contre la décision de l'autorité compétente.

Dans la présente loi, le mot *exploitants* désigne ceux qui exploitent des installations électriques publiques.

2. Utilisation des voies de communication.

L'exploitant est autorisé à utiliser à titre gratuit les voies de communication pour les canalisations de ses installations publiques, pour autant que l'usage des voies de communication aux fins du trafic ou à toutes autres fins d'intérêt public général n'en soit pas notablement entravé d'une façon durable.

Les canalisations à courants faibles nécessaires au service des installations électriques, les stations de transformation et de connexion, bénéficient des mêmes dispositions.

3. Restrictions a l'utilisation des voies de communication.

L'utilisation des voies de communication par une installation publique peut être refusée à la requête de celui qui a la charge de leur entretien ou du propriétaire de celles-ci :

1° Lorsque les intéressés subissent un dommage;

2° Pour des sections de routes qui, pour d'autres causes, sont déjà astreintes à des servitudes notables par des installations spéciales (dispositifs servant à l'entretien des chemins, canalisation, conduites à eau ou à gaz, chemins de fer, etc., et spécialement d'autres installations électriques publiques) ou que l'on prévoit devoir être asservies à de semblables charges;

3° Pour des motifs de sécurité publique, des raisons architecturales ou d'autres considérations d'esthétique;

4° S'il s'agit de rues urbaines dont certaines sections ont une couverture solide, pour autant que cette couverture soit notablement endommagée ou même que la cohésion en soit détruite d'une façon durable.

Appel peut être interjeté dans un délai de quatre semaines à partir de la signification, auprès de l'autorité supérieure compétente, contre la décision intervenue.

Lorsque l'exploitant utilise pour les canalisations d'une installation publique des voies de communication appartenant à une commune, il ne peut céder de l'énergie électrique à des tiers, dans les limites du territoire de la commune, qu'avec l'assentiment de celle-ci.

4. Conditions.

Dans l'utilisation des voies de communication, il convient autant que possible d'éviter de rendre leur entretien plus difficile et de restreindre provisoirement leur usage.

Si l'entretien des voies de communication est rendu plus difficile, l'exploitant doit dédommager celui qui a la charge de l'entretien, jusqu'à concurrence des frais résultant de l'aggravation.

Aussitôt que possible après l'achèvement des travaux aux canalisations, l'exploitant doit remettre la voie de communication en état, à moins que celui qui a la charge de l'entretien n'ait déclaré vouloir exécuter lui-même la réfection. Dans ce cas, l'entrepreneur est tenu de rembourser, à celui qui a la charge de l'entretien, les dépenses de la réfection faite. Les dégâts éventuellement causés par les travaux de l'exploitant doivent être réparés par lui.

5. Modification et suppression des installations.

S'il est constaté après construction d'une canalisation, qu'elle restreint l'usage d'une voie de communication, non seulement provisoirement, mais de façon durable, qu'elle entrave des travaux nécessaires à son entretien, ou qu'elle met obstacle à une défection de la voie de communication projetée par celui qui a la charge de l'entretien, la canalisation doit être modifiée, dans la mesure des nécessités, voire complètement supprimée.

Dans tous ces cas, l'exploitant doit pourvoir, à ses frais, aux modifications exigées, soit à l'enlèvement de la canalisation.

6. Utilisation des terrains.

L'exploitant est autorisé à faire passer des canalisations sur des terrains qui ne sont pas des voies de communication dans le sens de la présente loi, ainsi qu'au-dessus et en dessous, pour autant que l'utilisation de ces terrains, suivant les circonstances existant à l'époque de la construction de la canalisation, n'en soit pas essentiellement influencée. L'exploitant est, de plus, autorisé à établir sur ces terrains et sur

(1) Voir *ETZ.*, 8 avril 1909.

(2) Le texte allemand porte : « Mit Einschluss des Luftraumes und des Erdkörpers. »

les constructions, des points d'attache pour les canalisations, tels que mâts, contre-fiches, ancrages, consoles, rosaces, etc., pouvu que ces travaux puissent s'effectuer sans nuire notablement aux intérêts du propriétaire ou à la sécurité. L'entrepreneur est tenu de dédommager le propriétaire du préjudice qui en résulte.

S'il arrive par la suite que l'installation devienne une nuisance notable, l'exploitant est tenu de modifier et de supprimer la canalisation à ses frais.

Les agents de l'exploitant qui peuvent se qualifier tels sont autorisés, pendant les heures du jour et après information écrite, pour l'exécution des travaux nécessaires aux canalisations, et spécialement pour éviter ou écarter les dérangements ou les dangers, à pénétrer dans les terrains, dans les bâtiments qui s'y trouvent et sur leurs toits, à l'exception des appartements fermés.

L'entrepreneur doit indemnité pour tous dommages occasionnés par ses agents et résultant des travaux aux canalisations ou de toute autre cause.

7. Plantations d'arbres.

Les plantations d'arbres seront respectées autant que possible, et l'on aura égard à la croissance des arbres tant que faire se pourra. Des élagages ne peuvent être exigés que s'ils ne peuvent être évités, soit pour l'établissement des lignes, soit pour éviter les dérangements à celles-ci.

L'exploitant doit fixer au propriétaire des arbres un délai convenable, au cours duquel il pourra effectuer lui-même les élagages. Si ces élagages ne sont pas faits dans le délai prévu ou ne le sont pas suffisamment, l'exploitant peut les exécuter d'office. Il y est également autorisé quand il s'agit de prévenir ou d'écarter d'urgence un dérangement ou un danger.

L'exploitant est tenu à indemniser pour les dégâts causés aux plantations d'arbres et les frais d'élagages effectués à sa demande.

8. Croisement avec d'autres installations.

Lorsque des installations publiques croisent d'autres installations ou se superposent à celles-ci, la dernière venue doit être établie de façon à ce qu'elle ne puisse avoir d'influence nuisible sur les installations existantes. En cas de nécessité, des dispositifs protecteurs convenables doivent être appliqués d'abord à la dernière installation ou, si ce n'est pas possible ou si le travail est d'un coût exagéré, aux installations existantes.

Le déplacement, ou la modification, des installations existantes ne peut être exigé que si, à ce défaut, l'utilisation de la voie de communication par la nouvelle installation doive être abandonnée, ou bien si l'exploitant de la nouvelle installation ne peut disposer d'un autre chemin sans un surcroît exagéré de dépenses, alors que l'installation existante peut, sans frais disproportionnés, être déplacée ou modifiée sans inconvénient au point de vue de son utilisation.

L'exploitant de la nouvelle installation doit supporter les frais des dispositifs protecteurs, de leur entretien, des déplacements et changements des installations spéciales antérieures et, enfin, le surcroît de dépenses résultant du déplacement de son installation.

Cependant, si la dernière installation est seule d'intérêt public, contrairement aux installations antérieures, ou si elle est entreprise par ceux qui ont la charge de l'entretien du chemin, ou avec une participation importante d'un ou de plusieurs d'entre eux, les frais indiqués précédemment tombent à charge de l'exploitant de l'installation existante.

9. Installations en projet.

Les prescriptions du paragraphe 8 relatives aux installations préexistantes s'appliquent, *mutatis mutandi,* aux installations d'intérêt public qui sont en projet.

Sont considérées comme telles les installations qui, sur la base d'un plan élaboré en détail, ont reçu l'autorisation nécessaire à leur exécution.

Les dédommagements pour dispositifs protecteurs, modifications et déplacements des installations de l'espèce, ne peuvent s'élever qu'au montant des frais occasionnés par les mesures préparatoires.

Les prescriptions des paragraphes 8 et 9, alinéas 1 à 3, s'appliquent aux modifications et agrandissements ultérieurs des installations spéciales existantes.

10. Plans.

Avant d'utiliser une voie de communication ou d'autres terrains (en dessous ou au-dessus du sol) pour l'établissement de nouvelles lignes, ou avant d'apporter des modifications importantes à des lignes existantes, l'exploitant est tenu d'élaborer un plan de ces lignes, avec une notice explicative.

Le plan et la description doivent être communiqués par l'exploitant à l'autorité compétente et à celui qui a la charge de l'entretien du chemin lorsque ce dernier est une administration publique.

L'autorité compétente doit mettre le plan à la disposition du public pendant quatre semaines à partir d'une date qui sera publiée officiellement au moins dans l'un des journaux servant aux publications de cette autorité dans le district intéressé.

Cell-ci doit, de plus, dans tous les cas où, suivant le paragraphe 8, le déplacement ou le changement d'autres installations est requis, ou encore lorsque des dérangements sont à prévoir dans ces installations, communiquer à leur propriétaire, au plus tard dès le commencement du délai de quatre semaines ci-dessus indiqué, le plan et ses annexes.

Des copies du plan et des annexes doivent être mises à la disposition de l'administration par l'exploitant, immédiatement et sans frais.

11. Oppositions. Approbation du plan.

Des oppositions ne peuvent porter que sur les dispositions contraires aux prescriptions des paragraphes 1 à 9 de la présente loi ou aux arrêtés pris en exécution du paragraphe 16, que révéleraient le plan et les annexes. Le délai d'opposition commence et finit avec la période de l'instruction pendant laquelle les plans sont à la disposition du public.

L'administration compétente statue sur les oppositions. La décision de cette autorité, si elle n'est pas en même temps l'autorité centrale de l'État, peut être portée en appel devant l'autorité centrale, dans les deux semaines de la signification.

L'autorisation d'exercer les droits d'occupation dérivant des paragraphes 2, 6 et 9, résulte de la communication d'une décision d'approbation que l'administration compétente est tenue de délivrer à l'entrepreneur dans un délai de 8 jours, à l'expiration du délai d'opposition. Cette décision est exécutoire aussitôt que l'administration a statué sur les réclamations, lorsqu'il y en a, pourvu qu'aucun appel n'ait été formulé.

Cependant, dans les cas urgents, à la demande de l'exploitant, l'autorité compétente peut rendre sa décision provisoirement exécutoire. Mais, dans ce cas, si cette décision est rapportée ou modifiée par l'examen ultérieur des réclamations ou par suite d'appel, l'exploitant est tenu d'indemniser la partie adverse du dommage qui est résulté pour elle

de l'exécution de la ligne. En déclarant sa décision exécutoire provisoirement, l'administration peut exiger de l'exploitant une caution pour le dommage éventuel.

12. Informations aux voisins.

Lorsque, sans modification importante ni agrandissement de lignes existantes, on projette d'occuper par les lignes un espace plus grand que celui prévu au plan primitif et qu'il y a lieu de craindre qu'il en résulte un préjudice pour les voisins ou les propriétaires de plantations d'arbres, il y a lieu à obtenir l'assentiment des intéressés avant de commencer le travail, sinon il faut se conformer aux prescriptions du paragraphe 11 comme pour une nouvelle installation.

13. Mise hors service.

Lorsque le fonctionnement d'une canalisation est définivement arrêté, l'entrepreneur est tenu de l'enlever à ses frais et de remettre la voie de communication, et éventuellement les propriétés privées utilisées, dans un état tel qu'il soit mis fin à tout inconvénient provenant de la ligne. Avec l'assentiment de celui qui a la charge de l'entretien, des parties de la ligne qui ne servent plus peuvent subsister soit de façon durable, soit à la condition d'être enlevées dans un délai convenu.

Lorsqu'une ligne temporairement hors de service empêche ou contrarie l'établissement d'une autre installation spéciale, l'exploitant de la première est tenu de la remettre en service régulier dans un délai convenable, ou de l'enlever.

14. Droit a des dommages-intérêts.

Les droits à des dommages-intérêts, basés sur les paragraphes 4 à 9 de cette loi, doivent être établis devant l'administration qui a communiqué le plan. Celle-ci fixe provisoirement le montant de l'indemnité.

Dans le délai d'un mois à partir de la signification de la décision, les contestations qui surgiraient à ce sujet seront déférées aux tribunaux.

La voie judiciaire peut être suivie immédiatement pour toutes autres demandes de dommages.

Les demandes d'indemnités basées sur la présente loi se prescrivent pour 2 ans. Le délai de prescription commence à la fin de l'année pendant laquelle la demande s'est produite.

15. Autorités.

Il appartient, dans chacun des Etats confédérés, à l'autorité centrale de déterminer les autorités compétentes.

16. Ordonnances du Chancelier de l'Empire.

Il incombe au Chancelier de l'Empire d'émettre, sous l'approbation du Conseil fédéral, les ordonnances d'exécution nécessaires.

17. Entrée en vigueur de la loi.

La présente loi entrera en vigueur le....

Législation sur les distributions d'énergie électrique.

Observations générales.

Il est devenu banal de faire ressortir le prodigieux développement des applications de l'électricité et de montrer les modifications profondes qu'elles ont apportées dans la vie industrielle et sociale.

L'électricité, bien qu'une des dernières venues dans les sciences, a su accomplir en peu de temps une œuvre qui reste encore pleine de brillantes promesses. La souplesse de son action, la variété infinie des solutions qu'elle apporte dans les domaines de l'éclairage, des transports dans toutes les industries extractives et manufacturières, lui ont donné droit de cité partout où l'homme vit et travaille.

On ne peut, à présent, contester que dans les pays civilisés, l'électricité n'intéresse, au plus haut point, le bien-être général et la vie économique d'une nation.

Les conséquences industrielles de l'emploi de l'énergie électrique sont trop patentes, trop apparentes, surtout dans un pays comme le nôtre, pour qu'il soit nécessaire d'insister. Les conséquences sociales découlent de ses avantages économiques comme agent de transmission et de distribution : déjà nous assistons dans différentes parties du pays à la reconstitution de l'atelier familial et au développement de la petite industrie à domicile; les transports rapides et fréquents, urbains et suburbains, donnent une extension imprévue à nos agglomérations et la multiplicité des communications augmente les transactions et accroît à la fois le confort et la prospérité matérielle ; l'éclairage électrique est devenu indispensable non seulement dans nos villes mais aussi dans un grand nombre de nos communes rurales, notamment dans les régions industrielles du pays.

Enfin, on peut prévoir, grâce aux distributions qui vont s'établir dans le nord du pays, un nouveau développement de la vie rurale et agricole de ces régions ainsi que l'apparition de centres de petites industries mécaniques. Indépendamment des centrales destinées à desservir nos villes importantes telles que Bruxelles, Anvers, Liége, Gand, etc., centrales qui ont augmenté récemment leur moyen de productions d'énergie électrique et qui ont chacune des puissances installées correspondant à plusieurs milliers de chevaux, il s'est créé, dans ces dernières années, des centrales très importantes distribuant l'énergie électrique dans des réseaux suburbains ou ruraux très étendus ; il en existe deux dans le Brabant, une dans la province de Liége, une dans la province d'Anvers, une dans la Flandre occidentale et trois dans le Hainaut ; d'autres sont en construction dans le nord du pays.

Or, pour transporter l'énergie électrique, pour la distribuer et permettre aux populations d'en recueillir les bienfaits, il faut que les lignes aériennes ou souterraines puissent suivre les voies publiques, passer au-dessus des propriétés, s'appuyer éventuellement sur les constructions et traverser les agglomérations. Le caractère d'intérêt public et général que revêtent les distributions publiques d'énergie électrique doit, sans conteste, entraîner certaines obligations mais aussi certains droits ; et le moment paraît venu, pour les Pouvoirs publics, d'intervenir pour donner l'appui de la loi à cette forme nouvelle du progrès économique et protéger en même temps l'intérêt général contre ceux qui pourraient en faire un instrument d'exploitation à leur profit exclusif. Mais, il convient de le faire remarquer, il est temps d'agir si l'on ne veut que la législation, dont nous démontrerons mieux encore dans la suite la nécessité, n'arrive comme le légendaire carabinier quand il n'y aura plus rien à faire.

On conçoit que certaines hésitations puissent se manifester quand il s'agit de créer de toutes pièces une législation sanctionnant des principes nouveaux, mais tel n'est plus le cas pour les distributions d'énergie électrique. Dans les pays voisins, l'apparition d'une législation sur la matière a coïncidé avec un certain degré de développement des réseaux de transmission et de distribution ; tel a été le cas pour la Suisse, l'Italie et la France ; enfin, un projet applicable à l'Allemagne vient d'être élaboré par l'Union des Centrales allemandes et le Verband Deutscher Elektrotechniker.

En Belgique, dès 1900, la question était soulevée à une séance plénière de la Société belge d'Électriciens et, en 1907, la Commission d'Électricité instituée par arrêté royal du 8 mars 1906 terminait l'étude d'un avant-projet de loi sur les distributions d'énergie électrique.

Principes des législations étrangères.

Nous limiterons cet examen aux législations suisse et française et nous y joindrons une brève analyse du projet allemand.

Législation suisse. — La loi suisse date du 24 juin 1902 : elle vise à la fois les installations à courant faible et celles à courant fort ; seules ces dernières nous intéressent. Cette loi (art. 43) consacre le droit d'expropriation pour les installations de transmission et de distribution d'énergie électrique ; ce droit peut être exercé tant à l'égard de la propriété privée qu'à l'égard du domaine des chemins de fer, il donne lieu à une indemnité et l'expropriation qui peut entraîner une servitude permanente ou temporaire a lieu conformément aux dispositions d'une loi spéciale sur la matière.

De même (art. 46) le droit d'utiliser le domaine public cantonal ou communal peut être accordé par voie d'expropriation pour les lignes ou pour les postes de transformation des transmissions et des distributions d'énergie; toutefois, les communes peuvent, quand il s'agit de la distribution de l'énergie électrique, refuser l'autorisation de faire usage du domaine public ou en subordonner l'octroi à certaines conditions propres à sauvegarder leurs intérêts légitimes; un recours peut être introduit contre ces décisions auprès du gouvernement cantonal et, en dernier ressort, auprès du Conseil fédéral qui statue définitivement.

Cette législation n'exclut ni les monopoles ni les concessions que peuvent octroyer les communes, mais elle ne consacre pas un régime de faveur; au surplus, il convient de signaler qu'elle donne, d'une manière générale, le droit de passage des lignes sur les domaines cantonaux ou communaux, droit dont l'exercice est réglé directement par le Conseil fédéral.

L'article 44 donne le droit d'élagage, lequel doit être fait sur demande de l'exploitant de la distribution d'énergie sous réserves de certaines conditions.

Législation française. — La loi sur les distributions d'énergie électrique est du 15 juin 1906 ; elle a eu le mérite de ne créer aucune obligation nouvelle mais seulement des facilités nouvelles permettant aux entreprises de transport d'obtenir, en cas de concession, des droits d'appui, de traversée et d'expropriation.

D'après cette loi, les distributions d'énergie électrique peuvent être établies et exploitées soit en vertu de *permissions* de voirie sans durée déterminée, soit en vertu de concessions d'une durée déterminée avec cahier des charges et tarif maximum dans des conditions qui varient suivant que la distribution est déclarée ou non d'utilité publique.

Examinons ces trois régimes :

1° *Régime de l'autorisation de voirie.* — Le Préfet est l'autorité compétente pour accorder autorisation sur les routes nationales et départementales, même dans les parties où ces voies deviennent des rues d'agglomérations; les maires des communes traversées sont consultés; pour les chemins vicinaux, qui sont la propriété des communes, les maires sont compétents mais on peut appeler de leurs décisions aux préfets, lesquels décident en dernier ressort.

Cette autorisation de voirie ne peut donner lieu à aucune disposition relative aux conditions commerciales de l'exploitation; elle ne donne droit à aucune garantie, c'est-à-dire qu'elle ne peut faire obstacle à ce qu'il soit accordé sur les mêmes voies des permissions ou concessions concurrentes d'où la suppression du monopole.

2° *Régime de la concession simple.* — Ce régime correspond aux concessions qui ne sont pas déclarées d'intérêt public. Les pouvoirs *concédants* sont l'État, le département et la commune; l'acte de concession émanant de la commune doit être approuvé par le préfet.

Les concessions sont accordées moyennant l'observation des clauses d'un cahier des charges type lequel, bien que la loi ne le dise pas expressément, impose un tarif maximum.

Le cahier des charges peut contenir l'obligation de certaines redevances de *voirie,* mais ces charges pécuniaires sont les seules et les autres avantages qui pourraient être consentis aux autorités concédantes ne peuvent consister qu'en tarifs de faveur, lesquels sont eux-mêmes limités par ceux que le concessionnaire aurait faits à certains services publics; ces dispositions excluent le partage des bénéfices entre les communes et les exploitants.

Le concessionnaire a le droit d'utiliser les voies publiques pour ses installations de distribution tout en se conformant aux règlements de voirie ; il n'a pas le droit d'élagage, mais le Préfet peut toujours prendre un arrêté qui permette de couper et d'élaguer les arbres qui surplombent les routes et entravent le concessionnaire dans l'usage de la voie publique.

Le principe appliqué aux autorisations est aussi celui qui s'applique aux concessions ; le concessionnaire n'a pas de monopole; une autre concession peut être accordée dans le même périmètre, à la seule condition qu'on ne lui fasse pas des conditions plus avantageuses qu'au premier venu.

Toutefois, exception est faite pour l'éclairage : la concession de l'éclairage public et privé peut être réservée exclusivement à un seul exploitant, ce qui lui constitue un monopole; la distribution d'énergie pour force motrice échappe complètement à ce monopole. Les permissions de voiries et les concessions délivrées postérieurement à la concession d'éclairage doivent tenir compte du privilège que celle-ci entraîne.

3° *Régime de la concession avec déclaration d'utilité publique.* — C'est l'innovation la plus importante de la loi française; les pouvoirs concédants sont les mêmes que pour la concession simple ; le cahier des charges type s'y applique également ; la concession de ce genre n'empiète point sur les monopoles et ne peut faire obstacle à ce qu'il soit donné des autorisations ou des concessions concurrentes, mais à conditions égales; enfin, les redevances ne peuvent être fixées que comme il est dit ci-dessus pour les concessions et le concessionnaire peut utiliser les voies publiques, mais, sous ce régime, l'exploitant jouit des avantages particuliers suivants :

1° Pouvoir requérir l'expropriation et la faire prononcer dans les termes prévus par la loi ;

2° Installer ses canalisations et couper les branches d'arbres moyennant une indemnité fixée par le juge de paix ; placer des supports et des ancrages aux habitations privées; faire passer les conducteurs au-dessus des propriétés, établir à demeure des canalisations souterraines ou mettre des poteaux dans des terrains non bâtis et non emmuraillés, couper les branches des arbres des propriétés privées et *a fortiori* requérir l'élagage sur les voies publiques.

La déclaration d'utilité publique est prononcée après enquête par décret délibéré en Conseil d'État sur le rapport des ministres compétents ; elle ne s'applique pas aux usines de production ; au surplus, elle peut être obtenue pour des tronçons d'une entreprise de distribution.

Il est clair que si les exploitants d'une entreprise de distribution d'énergie peuvent s'arranger à l'amiable avec les intéressés, ils n'ont aucun intérêt de se soumettre aux formalités compliquées et longues que la déclaration d'utilité

publique entraîne ; mais il n'est pas contestable que c'est là une arme qui les met à l'abri des spéculations et des chantages.

Règlements techniques. — Les législations suisse et française ont été complétées par des règlements techniques sur l'établissement, le contrôle et l'entretien des installations de transmission et de distribution d'énergie électrique. Le règlement suisse en date du 14 février 1908 émane du Conseil fédéral, le règlement français en date du 3 juillet 1905 est un décret ministériel.

PROJET ALLEMAND. — Le projet s'applique aux distributions d'énergie électrique dont le caractère d'utilité publique aurait été reconnu ; il donne le droit d'utiliser les voies de communication pour l'installation des lignes électriques, de faire passer les canalisations sur les terrains privés et au-dessus de ceux-ci, d'établir des points d'attache pourvu que les propriétaires ne soient pas notablement lésés et sous réserve d'une indemnité ; l'exploitant a également le droit de requérir des élagages et, au besoin, de les faire exécuter d'office.

Ce projet est celui d'une loi de l'Empire ; chacun des États confédérés devrait déterminer les autorités compétentes pour reconnaître le caractère d'utilité publique et statuer sur les oppositions éventuellement soulevées par les projets de réseau; l'appel des décisions de cette autorité compétente est prévu à l'autorité centrale de l'État.

Le projet prévoit, en outre, des ordonnances d'exécution à prendre sur avis du Conseil fédéral.

RÉGIME DES DISTRIBUTIONS D'ÉNERGIE EN BELGIQUE.

Dans l'état actuel de la législation, la distribution de l'énergie électrique dépend de l'obtention de la faculté d'utiliser les routes et voies de communication. Les autorisations ou les concessions sont accordées par l'État, les provinces ou les communes, suivant la nature de la voirie à utiliser. Tout se trouvant subordonné au pouvoir discrétionnaire des administrations en cause, rien ne s'oppose à la consécration de véritables monopoles de fait ou de droit, monopoles qui peuvent être donnés pour des durées très longues et dans des conditions qui peuvent être très préjudiciables aux intérêts des populations à desservir.

La concurrence si nécessaire aux consommateurs se trouve donc pratiquement annihilée. D'autre part, les autorisations accordées pour l'utilisation des routes et des voies de communication ont un caractère précaire, et les communes, les provinces ou l'État lui-même peuvent refuser l'usage de leurs voies de communication ou subordonner l'octroi de cette faculté à des conditions telles qu'il y aurait impossibilité à en bénéficier.

Ce régime, qui comporte les plus graves inconvénients au point de vue général en favorisant les entreprises de distribution locales et en concourant au maintien des tarifs souvent prohibitifs, est peu favorable au développement de l'industrie; en effet, il nuit à l'extension des distributions d'énergie électrique régionales, lesquelles constituent dans l'état actuel une partie importante de l'activité industrielle du pays.

Enfin, il apparaît comme exorbitant qu'un concessionnaire puisse, à moins de réserves spéciales du cahier des charges ou de son acte de concession, s'opposer à ce que des lignes traversent, sans plus, les étendues où il distribue l'énergie électrique; ce fait ne peut que nuire aux intérêts généraux. Maints exemples sont là pour le prouver et, à plusieurs reprises notamment, des industriels ont été empêchés de réunir électriquement des parties d'un même établissement ou des sièges d'une même exploitation parce que les concessions de distribution d'énergie accordées par les communes réservaient l'usage des voies publiques au profit exclusif du concessionnaire; parfois aussi les communes ont voulu refuser arbitrairement des autorisations de l'espèce ou les ont subordonnées à des conditions onéreuses, et les associations industrielles du pays ont saisi le gouvernement de cette question.

D'autre part, il importe de faciliter le placement des lignes aux entreprises de distribution d'énergie électrique qui peuvent utiliser la voirie; il convient que, sous certaines réserves, elles puissent faire passer leurs lignes au-dessus de la propriété privée, établir des ancrages et des supports, couper les branches d'arbres, etc., et que leur développement, qui est d'intérêt général, ne soit pas entravé par les prétentions exagérées de quelques-uns ou par des exigences injustifiées des communes comprenant mal leur intérêt. Enfin, la nécessité s'affirme de jour en jour plus impérieuse de soumettre les réseaux de distribution d'énergie électrique à un ensemble de mesures générales qui sauvegardent la sécurité publique.

PRINCIPES D'UN PROJET DE LOI POUR LA BELGIQUE.

La Commission d'électricité s'est occupée de la question et a établi les principes généraux qu'un texte de loi pourrait consacrer.

Ce collège s'est attaché à étudier un régime administratif écartant les abus que l'expérience a fait connaître et heurtant aussi peu que possible l'ordre de choses établi. Les bases qu'elle a admises sont sensiblement les mêmes que celles de la législation française et, notamment, conformément à celle-ci, le principe de la libre concurrence en matière de distribution d'énergie électrique pour la force motrice a été proposé. Dans cet ordre d'idées, les monopoles ou concessions exclusives ne pourraient dans l'avenir être donnés que pour l'éclairage.

On peut résumer comme suit les principes généraux qui ressortent des délibérations de la Commission belge.

AUTORISATIONS DE VOIRIE.

Transport de l'énergie et distribution pour les usages industriels.

1. Le transport de l'énergie et la distribution pour usages industriels, à l'aide de réseaux empruntant la voie publique, doivent faire l'objet des autorisations de voirie.

2. Les autorisations de voirie sont délivrées respectivement par les autorités gouvernementales, provinciales ou communales, suivant que les lignes de transport et de distribution sont d'intérêt général, régional ou local.

Les décisions de refus d'autorisation donnent lieu à un recours aux autorités supérieures.

3. Les actes d'autorisation déterminent les droits et obligations des distributeurs d'énergie au point de vue des zones à desservir, du tarif maximum et des conditions générales pour la vente de l'énergie électrique.

4. En vue de favoriser les intérêts des consommateurs, le principe de la libre concurrence est sanctionné par ce fait que le titulaire d'une autorisation de voirie ne peut s'opposer à l'octroi de nouvelles autorisations de voirie pour le transport et la distribution de l'énergie pour les usages industriels.

CONCESSIONS.

Distribution de l'énergie pour l'éclairage et les usages industriels.

1. Les communes peuvent entreprendre elles-mêmes ou concéder la distribution de l'énergie électrique pour l'éclairage et la force motrice.

Les régies communales et les concessionnaires de l'éclai-

rage ont seuls le droit de se servir de la voie publique en vue de pourvoir directement ou indirectement à l'éclairage électrique sur le territoire de la commune.

Seules les concessions d'éclairage peuvent être exclusives, ce qui leur assure un avantage très important.

2. Droits des régies communales, concessionnaires et titulaires d'autorisations de voirie sur le domaine public et la propriété privée.

A. Sur le domaine public :

Les régies communales, les concessionnaires et les titulaires d'autorisations de voirie ont le droit d'exécuter sur les voies publiques et leurs dépendances tous travaux nécessaires à l'établissement et à l'entretien des lignes, tant aériennes que souterraines.

Les raccordements téléphoniques entre stations et sous-stations de distribution d'énergie peuvent être établis et utilisés pour les besoins du service.

B. Les régies communales et les concessionnaires ont le droit :

1° D'établir à demeure des supports et ancrages pour conducteurs aériens, à l'extérieur des murs et façades donnant sur la voie publique et sur les toits et terrasses tenant lieu de toiture, à la condition qu'on puisse y accéder par l'extérieur ;

2° De faire passer les conducteurs d'électricité au-dessus de la propriété privée ;

3° De couper les branches d'arbres menaçant les installations.

Les droits précités peuvent être conférés par les actes d'autorisation de voirie aux distributeurs d'énergie qui assurent un service public.

3. Sécurité des installations électriques.

Il appartient au Gouvernement, qui dispose de sources d'information autorisées, de promulguer ses règlements généraux de police ayant pour objet la construction et l'exploitation des lignes et réseaux de transport et de distribution de l'énergie électrique, afin d'assurer la sécurité publique, sans compromettre le développement des distributions.

4. Protection des distributions d'énergie.

Eu égard aux intérêts économiques et industriels qui se rattachent aux distributions d'énergie, il est nécessaire de protéger les installations de production, de transport et de distribution de l'énergie par des dispositions pénales analogues à celles qui visent la distribution ou la dégradation des machines à vapeur.

ARMAND HALLEUX.

(Société belge d'Électriciens.)

CHRONIQUE FINANCIÈRE ET COMMERCIALE.

Convocations d'Assemblées générales. — *Société d'exploitation des forces motrices de l'Aveyron Ltd.* Assemblée ordinaire le 23 octobre, 10h, mairie de Cordes (Tarn).

Électrique de Montjoie, A. Mettetal et Cie. — Assemblée ordinaire le 2 octobre, 2h, commune de Pont-de-Roide (Doubs).

Nouvelles Sociétés. — *Société générale de Traction et d'Énergie électrique.* Siège social : 17, rue de la République, à Lyon (Rhône). Durée : 65 ans. Capital : 2500000fr.

La lumière, le chauffage, la force motrice, l'électricité pour rien. A. Teissier et Cie. Siège social : 2, avenue de Candia, villa de Bauvine, à Nice (Alpes-Maritimes). Durée : 30 ans. Capital : 350000fr.

Nouvelles installations d'éclairage électrique.— Une installation électrique est projetée dans les villes suivantes :

Mauriac (Cantal). — La ville de Mauriac sera sous peu éclairée par la nouvelle usine qu'on installe sous les chutes de Saint-Paul-de-Salers.

M. Gratacap, ingénieur à Maurs, a été chargé, par M. Maigne de Salers, de l'étude et de l'exécution des divers travaux hydrauliques et électriques.

Pleaux (Cantal). — La ville de Pléaux vient de concéder à M. Muyraymond, de Rilhac, le monopole de son éclairage par l'électricité. Le courant sera fourni par l'usine hydro-électrique de Servières, qui éclairera quelques autres localités dans la Corrèze.

M. Gratacap, ingénieur à Maurs, a été chargé de l'étude et de l'exécution des divers travaux de cette usine.

Société lyonnaise des Forces motrices du Rhône. — Du rapport présenté par le Conseil d'administration à l'assemblée générale ordinaire du 2 juin 1909, nous extrayons ce qui suit :

En 1907, nos recettes se sont élevées à 4616711fr,32, supérieures de 526557fr à celles de 1906. En 1908, malgré le ralentissement des affaires et une crise industrielle marquée, nous avons gardé la position conquise; nos recettes se sont montées à la somme de 4794331fr,92, supérieures de 177620fr,60 à la recette de 1907.

Nos canalisations souterraines atteignaient, au 31 décembre 1908, une longueur de 534352m.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE.

	1900.	1901.	1902.	1903.	1904.	1905.	1906.	1907.	1908.	Au 30 avril 1909.
Abonnements desservis :										
Force motrice (en chevaux)	6955	9580	11480	13075	14293	16532	19014	21876	23904	24244
Lumière (en lampes de 10 bougies)	104234	142520	164540	179073	189500	201887	213820	225373	245500	247400
Nombre d'abonnés :										
De force motrice	1246	1737	1935	2171	2316	2485	2729	2989	3225	3307
De lumière	2095	4695	5528	6372	6901	7440	7975	8646	9347	9466

Le chiffre global de l'énergie électrique produite par l'usine de Cusset a été :

En 1899	38 121 141	hectowatts-heure
En 1900	95 732 200	»
En 1901	169 040 000	»
En 1902	191 458 870	»
En 1903	221 079 480	»
En 1904	248 992 130	»
En 1905	296 378 560	»
En 1906	343 970 270	»
En 1907	402 464 600	»
En 1908	482 240 104	»

L'énergie produite pendant les quatre premiers mois de 1909 est de 157 598 450 hectowatts-heure, en augmentation de 11 945 230 hectowatts-heure sur la production de la période correspondante de 1908.

RECETTES D'EXPLOITATION.

	1907. fr	1908. fr
Janvier	437 086,95	173 068,95
Février	377 559,60	408 384,90
Mars	559 864,85	384 651,75
Avril	325 842,60	348 700,55
Mai	310 070,65	327 709,45
Juin	294 774,40	313 265,20
Juillet	299 417,50	313 257,90
Août	314 105,90	316 674,60
Septembre	365 822,75	366 990,55
Octobre	470 930,65	473 547,10
Novembre	479 126,75	480 957,65
Décembre	519 989,90	527 772,13
Recettes diverses	62 118,82	59 351,19
	4 616 711,32	4 794 331,92

Augmentation en 1908 .... 177 620fr,60

Les recettes des premiers mois de 1909 ont été de :

	fr
Janvier	486 097,35
Février	424 405,30
Mars	406 002,05
Avril	365 097,10

en augmentation de 66 795fr,60 sur les recettes de la période correspondante de 1908.

BILAN D'ENTRÉE AU 1er JANVIER 1909.

Actif.

	fr
Compte de premier établissement	47 685 046,34
Compte spécial de premier établissement	7 519 603,12
Matériel, mobilier et outillage	244 159,40
Moteurs, compteurs et magasin	848 930,26
Recettes en recouvrement	828 937,78
Avances à l'enregistrement	168 574,91
Cautionnement à l'État	100 000 »
Portefeuille	403 665,25
Caisse et banquiers	1 201 247,85
	59 000 164,91

Passif.

	fr
Capital (actions)	25 000 000 »
Obligations 4 pour 100	24 999 770 »
Obligations 5 pour 100 non présentées au remboursement	4 000 »
Intérêts courus sur obligations	264 595 »
Coupons à payer	77 630,47
Fournisseurs, comptes ordinaires, retenues de garantie	519 446,55
Coupons sur actions à l'échéance du 1er janvier 1909	275 000 »
Provision pour renouvellement de matériel et entretien	1 100 000 »
Amortissement sur compte spécial de premier établissement	4 650 000 »
Réserve légale	516 199,71
Coupons sur actions (dividende de 25fr par action)	1 250 000 »
Solde reporté à nouveau	43 523,18
	59 000 164,91

Profits et Pertes.

Frais généraux	290 554,54
Exploitation et entretien	562 728,65
Impôts, redevances et frais de contrôle payés à l'État	212 098,21
Intérêts et amortissement des obligations	1 195 740 »
Redressement et non-valeurs	16 183,15
Dépréciation d'inventaire	200 000 »
Bénéfices de l'exercice 1908	2 317 027,37
	4 794 331,92
Produits de l'exploitation	4 734 980,73
Produits divers	59 351,19
	4 794 331,92

Avis commerciaux. — RAPPORTS COMMERCIAUX DES AGENTS DIPLOMATIQUES ET CONSULAIRES DE FRANCE (1). — N° 813. *Maroc.* — Mouvement commercial de Mazagan pendant l'année 1908.

N° 814. *Régence du Tripoli.* — Mouvement maritime et commercial de Benghasi pendant l'année 1908.

N° 815. *Perse.* — Commerce de la Perse pendant l'année Ghouï II (21 mars 1907-20 mars 1908). Revue de l'importation. Conseils aux exportateurs français.

AVIS.

(1) Ces documents sont tenus à la disposition des adhérents qui désireraient en prendre connaissance au Secrétariat général du Syndicat des Industries électriques, 11, rue Saint-Lazare.

Paris. — Imprimerie GAUTHIER-VILLARS, quai des Grands-Augustins, 55.

43751

Le Gérant : GAUTHIER-VILLARS.

6e Année. – TOME XII. N° 140 — 30 OCTOBRE 1909.

LA REVUE ÉLECTRIQUE

ORGANE

DE L'UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ

Publiée sous la direction de J. **BLONDIN**, Agrégé de l'Université, Rédacteur en chef,

Avec la collaboration de :

MM. Armagnat, Becker, Bourguignon, Courtois, Da Costa, Jacquin, Jumau, Goisot, J. Guillaume, Labrouste, Lamotte, Mauduit, Raveau, G. Richard, Turpain, etc.

Revue paraissant deux fois par mois.

Abonnement. Paris . 25 fr. — Départements : 27 fr. 50. — Union postale : 30 fr. — **Le Numéro** : 1 fr. 50.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,

Quai des Grands-Augustins, 55.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J. Blondin, 171, Faubourg Poissonnière, Paris (9e).



Tome XII. **N° 140. — 30 octobre 1909.**

LA REVUE ÉLECTRIQUE

CHRONIQUE.

Dans son article sur les **moteurs primaires** (p. 292) M. STEINMETZ, après quelques généralités sur les frais de production de l'énergie électrique, fait une comparaison des moteurs à gaz et des moteurs à vapeur au point de vue de leur rendement thermodynamique. Cette comparaison est à l'avantage des moteurs à gaz; toutefois l'auteur s'abstient de conclure d'une manière ferme en faveur de ces derniers, estimant que le choix entre le moteur à vapeur et le moteur à gaz est une question d'espèce qui doit être examinée dans chaque cas particulier.

Malgré qu'il soit extrêmement difficile d'évaluer **le prix de revient de l'énergie électrique** en raison des nombreux facteurs dont il dépend et qui sont variables d'une installation à l'autre, il est toutefois possible de se faire une idée de la façon dont varie ce prix de revient avec la nature de la force motrice primaire. C'est une étude de ce genre qu'a faite M. STOTT, qui en a consigné les résultats dans un tableau et vingt-trois graphiques présentés à l'American Institute of Electrical Engineers.

Dans l'analyse qui est donnée page 297 de cette communication se trouve reproduit le tableau qui donne les dépenses comparatives d'entretien et d'exploitation de six types d'installation ; le nombre des graphiques a dû être réduit à quatre, mais ils résument tous les graphiques du travail original, de sorte que celui-ci se trouve, sous une forme abrégée, complètement présenté.

De l'ensemble de ce travail résultent plusieurs conséquences importantes concernant la nature des moteurs thermiques qu'il convient d'adopter dans les grandes usines génératrices.

En premier lieu on voit par l'examen de la figure 2 que, si les charges fixes d'intérêt et d'amortissement du matériel sont plus grandes pour les installations avec moteurs à pistons et turbines utilisant la vapeur d'échappement de ceux-ci que pour les installations ne comprenant que des turbines à haute pression, par contre les dépenses d'entretien et d'exploitation des premières sont plus faibles que celles des secondes, pour toutes les valeurs de la charge si le charbon est payé 15^{fr} la tonne, pour les charges élevées seulement si le charbon coûte 7^{fr},50 la tonne. Cela tient à ce que, comme l'indique le tableau, divers frais d'entretien et d'exploitation, tels que entretien des chaudières, consommation de charbon et d'eau, dépenses d'enlèvement des cendres, sont plus faibles pour les groupes mixtes à moteurs à pistons et turbines que pour les groupes à turbines seules. Il s'ensuit que malgré la prépondérance des charges fixes pour les groupes mixtes les dépenses totales peuvent être plus petites pour ces groupes que pour les turbines seules. C'est en fait ce qui a lieu, ainsi que l'indique la figure 3, lorsque le charbon coûte 15^{fr} la tonne et le facteur de charge annuel est inférieur à 95 pour 100 ; mais si le charbon est à 7^{fr},50 la tonne c'est l'inverse qui se produit tant que le facteur de charge ne dépasse pas 90 pour 100.

On voit donc que les machines à pistons associées à des turbines à basse pression peuvent concurrencer avantageusement les turbines à haute pression lorsque le prix d'achat du charbon est élevé. Mais il ne faut pas oublier que l'emploi de groupes mixtes vient à l'encontre du principe d'unification qui régit les installations modernes et il paraît peu probable que les constructeurs sacrifient les avantages non chiffrables, mais réels, résultant de ce principe aux économies, d'ailleurs peu importantes d'après les courbes de M. Stott, qui résulteraient de son abandon. Toutefois, si la réalisation d'usines nouvelles avec moteurs à vapeur mixtes ne semble pas probable, il est intéressant de constater que les usines avec moteurs à pistons construites il y a quelques années peuvent encore, par l'adjonction de turbines à basse pression utilisant la vapeur d'échappement des machines à pistons, produire l'énergie aussi et même plus économiquement que les usines à turbines à haute pression de construction plus récente. Tout récemment, d'ailleurs, se trouvait signalée dans ce journal une modification de ce genre d'une usine à moteur à pistons, l'usine de la Interborough Rapid Transit C° de New-York, qui contient actuellement neuf groupes électrogènes à moteurs à pistons de 5000 kilowatts, à chacun desquels on se propose d'adjoindre un groupe de même puissance à turbine à basse pression, ce qui permettra de doubler la puissance de l'usine sans modifier en rien les installations des chaudières existantes (¹). Beaucoup d'autres usines à vapeur américaines moins importantes ont, dans ces derniers temps, été équipées de turbines à basse pression et ont ainsi réalisé une économie considérable de combustible à égalité d'énergie produite.

Une seconde conséquence de l'étude de M. Stott est relative aux moteurs à gaz. Le total des dépenses d'entretien et d'exploitation de ces moteurs thermiques n'atteint guère, d'après le tableau dressé par M. Stott, que la moitié de celui des dépenses de moteurs à vapeur à cylindres et les deux tiers de celui des dépenses des turbines à haute pression et des groupes mixtes. Malheureusement les dépenses de premier établissement sont notablement plus élevées pour les moteurs à gaz que pour les moteurs à vapeur; de plus, les moteurs à gaz ne peuvent, comme les moteurs à vapeur, supporter de surcharge appréciable, ce qui oblige à avoir une plus grande puissance installée pour une même valeur de la charge maximum; enfin, les moteurs à gaz, se détériorant plus rapidement, exigent un taux d'amortissement plus grand que les moteurs à vapeur. Aussi, les dépenses totales sont-elles en général plus élevées avec les moteurs à gaz qu'avec les turbines à haute pression ou les groupes mixtes; ce n'est, comme l'indiquent les figures 3 et 4, que pour un facteur de charge supérieur à 50 pour 100 que ces moteurs commencent à être plus économiques que les turbines et les groupes mixtes brûlant du charbon à 15^fr^ la tonne, et c'est seulement pour un facteur de charge de 90 pour 100 que l'économie commence à ressortir si le charbon est à 7^fr^,50 la tonne.

Mais les résultats sont complètement différents si l'on consent à utiliser à la fois des moteurs à gaz et des turbines à haute pression, les premiers fonctionnant toujours à pleine charge, les turbines à vapeur n'étant utilisées que pour parfaire la différence entre la puissance que doit fournir l'usine et la puissance que peut fournir un nombre entier de groupes électrogènes à gaz. Dans ce cas, en effet, on profite constamment de l'économie d'exploitation que procurent les moteurs à gaz, et, d'autre part, on diminue le capital immobilisé par les groupes qui ne doivent fonctionner que d'une façon intermittente. Tout compte fait, les frais d'exploitation d'une installation mixte à gaz et à vapeur sont, d'après le tableau de M. Stott, inférieurs d'environ 28 pour 100 à ceux d'une usine à turbine, tandis que le capital de premier établissement, du même ordre que celui relatif à une usine à moteurs à pistons, ne dépasse que d'environ 28 pour 100 également le capital de premier établissement d'une usine à turbines à vapeur. On doit donc s'attendre à ce que, à partir d'une certaine valeur du facteur de charge, une installation mixte à gaz et à vapeur soit plus économique qu'une installation à turbines à vapeur à haute pression ou qu'une installation à groupes composés de moteurs à cylindres et turbines à basse pression. Et c'est bien ce qu'indiquent les figures 3 et 4, la première montrant que l'économie en faveur de l'installation mixte commence à se produire pour un facteur de charge de 20 pour 100 lorsque le charbon coûte 15^fr^ la tonne, la seconde qu'elle se manifeste pour un facteur de charge de 25 pour 100 avec du charbon à 7^fr^,50 la tonne. L'usine mixte à moteurs à gaz et turbines à vapeur serait, par conséquent, celle qui conviendrait dans la majorité des cas, et il semble bien que, comme le dit l'auteur, « ce genre d'installation soit destiné à se répandre ».

Peut-être conviendrait-il cependant de faire une légère réserve à cette conclusion de M. Stott. En effet, la capacité de surcharge d'une usine mixte étant nécessairement inférieure à celle d'une usine à turbines, la puissance installée dans la première devra être plus grande que dans la seconde à égalité de charge maximum. Le facteur de charge d'une

(¹) *La Revue électrique*, t. XII, 30 sept. 1909, p. 217.

usine mixte sera donc, en général, plus faible que celui d'une usine à turbines devant assurer le même service. Comme les graphiques des figures 3 et 4 se rapportent à une même puissance installée, les résultats qu'elles indiquent cessent alors d'être rigoureusement comparables. Pour que cette comparaison redevienne possible, il faudrait déplacer vers la gauche l'échelle des abscisses relative aux installations mixtes. Il en résulterait une augmentation de la valeur du facteur de charge, pour laquelle l'usine mixte devient plus économique que l'usine à turbines. Mais il ne semble pas, tout au moins à première vue, que cette augmentation soit suffisante pour que l'installation mixte cesse d'être la plus économique dans la plupart des cas qui se rencontrent en pratique.

On sait que le refroidissement et l'isolement des **transformateurs de grande puissance** présentent des difficultés sérieuses : on verra par l'article publié page 300 comment les ateliers Felten et Guilleaume-Lahmeyer ont surmonté ces difficultés.

L'emploi des piles primaires pour la production de l'énergie électrique s'est trouvé limité jusqu'ici par le prix généralement fort élevé des substances intervenant dans les réactions chimiques dont ces piles sont le siège. Aussi les efforts des inventeurs se portent-ils vers la découverte de réactions entre corps qu'on peut se procurer à bas prix dans le commerce ou qu'on puisse régénérer commodément avec une faible dépense. Une solution ingénieuse de ce dernier genre vient d'être donnée par M. E.-W. Jungner, bien connu par ses travaux sur l'accumulateur au nickel, et consignée dans un brevet sur des **perfectionnements aux éléments galvaniques à gaz**, analysé page 302.

Dans cette solution, c'est en définitive l'oxydation du charbon par l'air qui fournit l'énergie électrique. Cette oxydation est d'abord produite en dehors de l'élément au moyen d'acide sulfurique; on obtient ainsi un mélange d'anhydride sulfureux et d'anhydride carbonique qu'on envoie dans le compartiment négatif de l'élément rempli d'une substance poreuse imprégnée d'acide sulfurique. L'anhydride sulfureux y est oxydé par les ions SO^4 de l'acide électrolysé dans l'élément, et l'acide sulfurique ainsi formé est recueilli pour régénérer chimiquement l'anhydride sulfureux. Quant aux ions H, ils passent dans le compartiment positif où ils sont absorbés par une solution sulfurique de sulfate acide de nitrosyle; ce sulfate est réduit en donnant de l'acide sulfurique et de l'oxyde azotique; mais, en raison de l'action bien connue de l'oxygène sur ce mélange, il suffit de faire passer un courant d'air dans le compartiment positif pour régénérer le sulfate acide de nitrosyle. C'est donc bien l'air qui, en dernier lieu, fournit l'oxygène entrant en combinaison avec le charbon dans la première opération.

L'étude de M. B. Neumann sur **l'électrométallurgie par voie humide** (p. 306) complète une série d'articles publiés antérieurement dans ces colonnes par M. L. Jumau, en faisant connaître les progrès accomplis dans cette branche des applications de l'électricité de décembre 1907 à avril 1909.

En signalant plus haut l'étude de M. Stott nous insistions sur l'une des conclusions de cet ingénieur, à savoir : l'**usine génératrice mixte à moteurs à gaz et à turbines à vapeur** est plus économique que l'usine actuelle employant uniquement les turbines à vapeur ou uniquement les moteurs à gaz. Il semblerait, dès lors, que, comme conséquence de cette conclusion, les grandes centrales électriques seront nécessairement, dans un avenir prochain, des centrales mixtes.

Toutefois il ne faut pas oublier, comme le faisait ressortir M. Chevrier dans un important article dont une analyse a été donnée récemment dans ces colonnes ([1]), que dans l'établissement des grandes centrales modernes la sécurité de fonctionnement prime la question d'économie. On peut donc se demander si, malgré les avantages économiques que, d'après M. Stott, présente la centrale à moteurs à gaz et turbines à vapeur, les exploitants des grands réseaux de distribution consentiront à adopter cette solution mixte, nécessairement plus complexe que la solution adoptée jusqu'ici.

Pour répondre à cette question, il nous faudrait, en matière d'exploitation de station centrale, une compétence que nous n'avons pas. Il semble cependant qu'en s'en rapportant uniquement aux résultats déjà acquis en pratique, une usine mixte à vapeur et à gaz ne présenterait ni moins ni plus de sécurité qu'une usine à turbines à vapeur. L'usine mixte à vapeur et à gaz existe, en effet, dès maintenant, mais sous une forme un peu différente de celle à laquelle nous sommes habitués. Les installations électriques effectuées récemment par les compagnies minières ou les sociétés métallurgiques comprennent, en effet, des groupes électrogènes à gaz utilisant les gaz des fours à coke ou des hauts fourneaux et des groupes à vapeur à turbines à haute pression, voire même des groupes mixtes constitués par des moteurs à pistons anciennement installés, auxquels on a adjoint des turbines à basse pression utilisant leur vapeur d'échappement. Ces

([1]) *La Revue électrique*, t. XII, 30 sept. 1909, p. 208.

divers groupes ne sont pas, il est vrai, placés ordinairement dans un même bâtiment; ils sont même le plus souvent situés dans des usines distinctes, distantes parfois de quelques kilomètres. Mais, dans plusieurs de ces installations, toutes ces usines sont reliées à un même poste de départ chargé de transmettre à distance plus ou moins grande l'excédent de l'énergie qu'elles produisent sur l'énergie qu'elles sont normalement chargées de fournir dans le périmètre de la concession minière ou à l'intérieur de l'usine métallurgique. Dès lors, ne peut-on pas dire que l'ensemble formé par ces usines et le poste de départ commun est absolument comparable à une de nos grandes centrales modernes, lesquelles sont caractérisées par la juxtaposition de parties autonomes constituant autant d'usines distinctes et n'ayant de commun que le tableau de distribution unique auquel sont reliés tous les groupes électrogènes. La seule différence est que les usines génératrices individuelles de la centrale sont à faible distance du tableau, tandis que dans les installations minières et métallurgiques elles en sont parfois très éloignées; mais cette différence n'est évidemment pas essentielle, et le bon fonctionnement des grandes installations électriques minières et métallurgiques est une garantie qu'on n'éprouvera aucune difficulté à assurer le service d'un grand réseau de distribution avec une centrale mixte avec moteurs à gaz et turbines à vapeur aussi bien qu'avec les usines actuelles.

Si, maintenant, laissant de côté la question de sécurité, nous envisageons la question d'économie, on peut encore se demander si l'économie procurée par les centrales mixtes sera suffisamment importante pour motiver le bouleversement qu'amènerait la nouvelle solution dans les habitudes acquises.

En s'en rapportant aux résultats donnés par M. Stott, on voit par la figure 3 que pour un facteur de charge moyen de 30 pour 100, qui est à peu près celui d'une usine fournissant à la fois l'éclairage, la force motrice et la traction, l'économie annuelle réalisée par kilowatt installé est d'environ 3 dollars, soit 15^fr, en comptant le charbon à 15^fr la tonne. La dépense totale par kilowatt installé et par an pour le même facteur de charge et pour une usine à turbine étant, toujours d'après la figure 3, de 25 dollars environ, soit 125^fr, l'économie atteindrait donc 12 pour 100 des dépenses totales. L'économie serait donc considérable et ne ferait que croître à mesure que le facteur de puissance s'améliorerait.

Mais d'autres sources d'économie, non envisagées par M. Stott, résulteraient sans doute de l'introduction du gaz dans les stations centrales. Il est, en effet, probable qu'une fois le gazogène introduit dans une centrale contenant des groupes à vapeur, les chaudières de ces groupes seraient chauffées au gaz en raison des commodités de réglage que présente, par rapport au chauffage par le charbon, le chauffage par combustible gazeux. Déjà, d'ailleurs, depuis plusieurs années, on a songé à substituer ce dernier mode de chauffage au mode actuel et des essais industriels ont été faits dans ce but. Ils ne paraissent pas avoir jusqu'ici donné de très bons résultats, ou tout au moins des résultats suffisants pour justifier la complication résultant de la gazéification préalable du charbon. Mais il n'est pas douteux que du jour où le gazogène sera en usage pour l'alimentation d'une partie des machines motrices de l'usine, de nouvelles recherches soient entreprises et donnent des résultats satisfaisants. Or, si l'on parvient à mieux régler la combustion qu'elle ne l'est actuellement dans les foyers de chaudières, on ne peut manquer de diminuer considérablement la dépense en charbon par kilogramme de vapeur produite.

D'autre part, le rendement des turbines à vapeur est considérablement amélioré par la surchauffe de la vapeur. Avec les dispositions actuelles des surchauffeurs, il est bien difficile d'avoir de la vapeur à 300° à l'arrivée dans les turbines, les pertes de chaleur dans les longues canalisations qui relient les chaudières aux turbines augmentant très rapidement avec la température et s'opposant dès lors à ce qu'on puisse obtenir économiquement une forte surchauffe. Aussi bon nombre d'ingénieurs sont-ils d'avis qu'il conviendrait de rompre avec la pratique actuelle consistant à surchauffer la vapeur dès sa sortie du générateur de vapeur. Tout récemment, dans l'article auquel nous avons déjà fait allusion, M. Chevrier préconisait l'emploi d'un surchauffeur collectif recevant la vapeur de tout un groupe de chaudières et placé entre celles-ci et les turbines, le plus près possible de ces dernières. Or, le chauffage au gaz d'un surchauffeur collectif permettrait seul de satisfaire complètement à cette dernière condition; ce mode de chauffage ne donnant pas lieu à des poussières, on pourrait en effet placer les surchauffeurs en dehors de la salle de chauffe et même, au besoin, ainsi que nous l'avons entendu proposer, au voisinage immédiat du groupe électrogène, dans les sous-sols qu'on ménage généralement aujourd'hui au-dessous des groupes.

Quoi qu'il en soit, on voit que la solution préconisée par M. Stott présente, malgré sa complexité, certains avantages sur la solution actuellement adoptée.

J. BLONDIN.

UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ.

Siège social : boulevard Haussmann, 63, Paris. — Téléph. : 276-35.

Syndicats adhérents à l'Union : Syndicat des forces hydrauliques, de l'électrométallurgie, de l'électrochimie et des industries qui s'y rattachent; Syndicat professionnel des industries électriques; Syndicat professionnel des industries électriques du nord de la France; Syndicat professionnel de l'industrie du gaz (Usines électriques du); Syndicat professionnel des usines d'électricité.

UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ.

Vingtième Bulletin bimensuel de 1909.

Extrait du procès-verbal de la séance du Comité de l'Union des Syndicats de l'Électricité du 7 juillet 1909.

Présents : MM. Guillain, président; Brylinski et Zetter, vice-présidents; Fontaine, secrétaire; Beauvois-Devaux, trésorier; Boutan, Eschwège, Godinet, Pinot, Sartiaux, Sciama, Sée.

Absents excusés : MM. Cordier et Coze, vice-présidents; de la Fontaine-Solare et Vautier, secrétaires adjoints; Debray.

Il est rendu compte de la situation de caisse.

Correspondance. — M. le Secrétaire donne lecture au Comité des communications des Chambres syndicales de l'Industrie du gaz et des Usines d'Électricité faisant connaître la composition de leur bureau pour l'exercice 1909. Le Comité prend acte de ces communications.

La préfecture de la Seine a accusé réception de l'exemplaire des statuts modifiés et de la liste des membres du Comité.

Arrêté ministériel du 2 juin 1909 relatif aux types de compteurs d'énergie électrique. — L'arrêté de M. le Ministre des Travaux publics (art. 16 du cahier des charges du 17 mai et du 20 août 1908; loi du 15 juin 1906), fixant les conditions d'approbation des types de compteurs d'énergie électrique, est communiqué au Comité (*Journal officiel* du 3 juin 1909).

Revision de l'arrêté technique. — Le Comité étudie, sur le rapport verbal de M. Brylinski, les observations présentées par les diverses Chambres syndicales affiliées à l'Union relativement à la revision de l'arrêté technique prévu par l'article 19 de la loi du 15 juin 1906.

Le Comité indique au rapporteur, M. Brylinski, et au secrétaire le sens des diverses modifications à introduire dans le projet à soumettre au Ministère dans les délais impartis.

Unification des pas de vis dans les appareils a gaz. — Les conclusions du rapport présenté par le Président de la Société technique de l'Industrie du gaz au Congrès de Lyon, relativement à la question de l'unification des pas de vis, sont communiquées au Comité de l'Union. Les conclusions des travaux ne pourront aboutir que dans une session ultérieure.

Association d'achat en commun des lampes a incandescence. — En ce qui concerne l'achat en commun des lampes à incandescence, le projet de statuts préparé par la Sous-Commission est actuellement soumis à l'examen des conseils juridiques de l'Union.

Règlement sur les installations intérieures. — Le projet de règlement sur les installations intérieures a été étudié par la Commission spéciale de l'Union dans ses séances des 25 et 30 juin. L'examen détaillé du travail de cette Commission fera l'objet d'une séance ultérieure.

Cahier des charges pour cables a haute tension. — Le projet de cahier des charges pour câbles à haute tension sera soumis ultérieurement au Comité de l'Union, l'accord n'ayant pas encore été réalisé entre les syndicats intéressés.

Publicité dans « La Revue électrique ». — Comme suite aux demandes qui ont été faites officieusement par le Secrétariat, au nom de l'Union, auprès de l'éditeur de *La Revue électrique*, il est fait remarquer que des pages d'annonces intercalaires sont passées dans les premières pages avant texte.

Emploi dans les installations intérieures de transformateurs permettant l'usage de lampes a basse tension. — Le Comité prend acte de la communication qui sera envoyée à ses adhérents par le Syndicat professionnel des Usines d'Électricité.

Projet de loi sur les forces hydrauliques. — M. le Président entretient le Comité des travaux de la Commission qui étudie au Ministère des Travaux publics les projets de cahiers des charges types prévus par le projet de loi sur les forces hydrauliques des cours d'eau du domaine public; le projet en question sera peut-être discuté par la Chambre avant la fin de la session.

Compte rendu du banquet. — Le compte rendu d'ensemble du banquet, tel qu'il a été imprimé dans une plaquette isolée, est soumis au Comité de l'Union.

Protection des industries nationales. — Le Comité de l'Union étudie dans quelle mesure il doit intervenir auprès des Pouvoirs publics concernant la protection des industries nationales en présence des facilités qui sont proposées à l'étude d'une Commission ministérielle des finances pour l'admission des valeurs étrangères à la cote.

Après en avoir délibéré, le Comité décide de protester auprès de M. le Président du Conseil contre ces facilités qui peuvent constituer un danger pour nos industries. M. le vice-président Brylinski signera la protestation.

Le Comité s'ajourne au mois d'octobre.

SYNDICAT PROFESSIONNEL DES INDUSTRIES ÉLECTRIQUES.

Siège social : rue Saint-Lazare, 11.

Téléphone : 238-60.

VINGTIÈME BULLETIN BIMENSUEL DE 1909.

SOMMAIRE : Bibliographie, p. 286. — Extrait du procès-verbal de la séance de la Chambre Syndicale, le 5 octobre 1909, p. 286. — Tarif des douanes françaises : décisions réglementaires récentes relatives au classement des marchandises, p. 288. — Liste des documents publiés dans le *Bulletin* à l'intention des membres du Syndicat, p. 288. — Offre et demandes d'emplois, *voir* aux annonces, p. XIX.

Bibliographie.

MM. les membres adhérents peuvent se procurer au Secrétariat général :

1° Les statuts du Syndicat;
2° Les annuaires du Syndicat;
3° La collection complète des Bulletins;
4° Les numéros séparés dont ils auraient besoin pour compléter leur collection;
5° Les instructions concernant les conditions d'établissement des installations électriques dans l'intérieur des maisons;
6° Les instructions générales pour la fourniture et la réception des machines et transformateurs électriques (*ces instructions sont actuellement en revision*);
7° La série de prix des travaux d'électricité établie par le groupe des Chambres syndicales du bâtiment et des industries diverses et le Syndicat professionnel des Industries électriques (édition de 1907);
8° Le Rapport de M. Guieysse sur les retraites ouvrières;
9° Les affiches dont l'apposition est prescrite par les lois réglementant le travail (voir *Bulletin* de juin 1905);
10° Les affiches « Dangers de l'alcoolisme » et « Conseils pour éviter la tuberculose »;
11° L'affiche indiquant les secours en cas d'accidents dus aux conducteurs d'énergie électrique;
12° La loi du 15 juin 1906 sur les distributions d'énergie; les décrets, arrêtés et circulaires relatifs à l'application de cette loi;
13° La convention pour la concession de la distribution de l'énergie électrique dans Paris.

Extrait du procès-verbal de la séance de la Chambre Syndicale, le 5 octobre 1909.

Présidence de M. C. Zetter.

La séance est ouverte à $2^h 20^m$.

Sont présents : MM. Alliot, H. André, Azaria, Bancelin, J.-M. Berne, Chateau, Chaussenot, Eschwège, Frager, Grosselin, Javaux, Lecomte, M. Meyer, Meyer-May, Minvielle, Portevin, Robard, Roche-Grandjean, Routin, Zetter, et M. de la Fontaine-Solare, Secrétaire général du Syndicat.

Se sont excusés : MM. Alexis Cance, Dinin, Gaudet, Larnaude, Saglio, Tournaire, Tourtay.

— Le procès-verbal de la séance du 6 juillet 1909, publié dans *La Revue électrique* du 30 juillet, est adopté.

— M. le Président souhaite la bienvenue à M. Portevin, nouveau représentant de la septième Section à la Chambre Syndicale.

NÉCROLOGIE. — M. le Président rappelle que M. Achille Parvillée, ancien membre de la Chambre Syndicale, est mort accidentellement dans l'explosion de l'usine à gaz de Genève, le 23 août 1909.

La Chambre Syndicale adresse à la famille de ce regretté collègue le témoignage de ses regrets et de sa vive sympathie.

— M. le Président rappelle également le décès de M. le baron de Nervo, vice-président de l'Union des Industries métallurgiques et minières. Il s'est fait l'interprète de ses collègues en exprimant à Mme la baronne de Nervo ses respectueuses condoléances.

DISTINCTION HONORIFIQUE. — La Chambre Syndicale adresse ses félicitations à M. Charles Tournaire, auquel la décoration de chevalier du Mérite agricole a été conférée récemment.

ADMISSIONS. — Sont admis dans le Syndicat Professionnel des Industries électriques :

1° Au titre d'établissement adhérent :

Sur la présentation de MM. Meyer-May et Zetter, *L'Électrométrie Usuelle*, manufacture d'appareils de mesures électriques, 81, boulevard Voltaire, à Paris, inscrite dans la quatrième Section professionnelle et représentée par son directeur, M. Georges Brion;

Sur la présentation de MM. Bardon et Cordier, la *Société anonyme des établissements Maljournal et Bourron*, manufacture d'appareils électriques, 128, avenue Thiers, à Lyon (Rhône), inscrite dans la deuxième Section professionnelle et représentée par M. Lens, ingénieur E. C. P., administrateur, 5, rue de Sfax, à Paris;

Sur la présentation de MM. Larnaude et Zetter, la *Société anonyme des téléphones Le Las*, 131, rue de Vaugirard, à Paris, inscrite dans la quatrième Section professionnelle et représentée par M. Sigismond Renault, directeur technique.

2° A titre d'adhérents en nom personnel, inscrits dans la septième Section professionnelle :

Sur la présentation de MM. E. Sartiaux et Zetter, *M. Cellerier* (Jean-Fernand), directeur du Laboratoire d'essais du Conservatoire national des Arts et Métiers, 292, rue Saint-Martin, Paris;

Sur la présentation de MM. Zetter et Gaiffe, *M. Hemardinquer* (Charles), (I ✿), directeur de l'École technique *Scientia* et secrétaire général des Laboratoires Bourbouze, 23, rue François-Gérard, à Paris;

Sur la présentation de MM. Hillairet et Zetter, *M. Lorin* (Louis-Charles), (✱, ✱), ingénieur-conseil, 46, rue de Londres, à Paris.

DÉMISSIONS. — La Chambre Syndicale accepte les démissions de la Société anonyme des établissements français Aubert-Grenier qui a cédé ses établissements pour la fabrication des câbles électriques, de M. Chaigneau (Charles) et de M. Quillon (Marcel).

CORRESPONDANCE. — La Chambre Syndicale reçoit communication de la correspondance suivante :

— Lettre de remercîments de M. Portevin à l'occasion de sa nomination de membre de la Chambre Syndicale.

— Lettre de M. Cellerier qui remet au Syndicat plusieurs exemplaires du rapport sur le fonctionnement du Laboratoire d'essais du Conservatoire national des Arts et Métiers pendant l'année 1908. (*Le Secrétariat tient ces exemplaires à la disposition des adhérents qui s'intéressent au Laboratoire d'essais.*).

— Lettre de l'Association de défense des classes moyennes qui fait connaître que son deuxième Congrès se tiendra à Paris les 17 et 18 novembre 1909.

— Circulaire de divers Syndicats de Salon (Bouches-du-Rhône) qui ont ouvert une souscription en faveur de leurs concitoyens victimes des tremblements de terre du midi de la France.

— Circulaire du Cercle philanthropique républicain des anciens marsouins qui ouvre une souscription pour l'érection à Paris d'un monument « A nos gloires coloniales ».

— Circulaire de la Ligue nationale contre l'alcoolisme qui signale que son almanach, pour 1910, est mis en vente au prix de $0^{fr},10$.

— Lettre d'une firme japonaise qui informe de la constitution à Tokyo : 1° d'un office spécial pour l'enregistrement des brevets, marques de fabriques, modèles, dessins, etc.; 2° d'un cabinet d'affaires pour l'importation, l'entreprise, la consignation et les annonces, réclames, etc.

Union des Syndicats de l'Électricité. — M. le Président rend compte de la séance tenue par le Comité de l'Union le 7 juillet. Le procès-verbal de cette réunion sera publié dans *La Revue électrique* du 30 octobre.

Union des Industries métallurgiques et minières. — M. le Président donne connaissance d'un vœu que l'Union des Industries métallurgiques et minières a adressé aux présidents des Conseils généraux en vue d'attirer l'attention du Parlement sur l'urgence de la revision du tarif douanier français.

— L'Union des Industries métallurgiques et minières a publié les documents suivants qui ont été remis aux membres de la Chambre Syndicale :

N° 411. — Jurisprudence.

N° 412. — Questions sociales et ouvrières. — Revue du mois de juin.

N° 413. — Questions sociales et ouvrières. — Revue du mois de juillet.

N° 414. — Installation des appareils d'arrêt de machines motrices. — Circulaire du Ministre du Travail en date du 14 juin 1909.

N° 415. — États-Unis d'Amérique. — Tarif douanier du 5 août 1909.

N° 416. — La production, la consommation et les prix des divers métaux.

Unification internationale des pas de vis dans les appareils d'utilisation du gaz. — M. le Président communique à la Chambre Syndicale les procès-verbaux des réunions tenues en juin dernier par la Commission de l'Unification internationale des pas de vis dans les appareils d'utilisation du gaz.

Il leur rappelle que cette Commission a reconnu la nécessité de substituer au profil international un nouveau profil à angles non tronqués, et que, dès lors, il n'était plus intéressant de chercher à se rapprocher du système international.

Revision du bordereau des prix de salaires normaux pour les marchés passés au nom du département de la Seine et de la ville de Paris. — M. le Président fait connaître que : « Comme il semble que les prix actuellement payés aux ouvriers sont plus élevés que ceux figurant au bordereau établi par les soins de la préfecture de la Seine en février 1907 », M. le Préfet de la Seine a décidé de convoquer à nouveau la Commission mixte de patrons et d'ouvriers, à l'effet de donner son avis sur les prix du bordereau des salaires à payer aux ouvriers pour les travaux d'électricité et sonneries à effectuer pour la ville de Paris et le département de la Seine.

Cette Commission a eu une première réunion constitutive le 22 juillet dernier, mais elle a reporté l'examen de la question au mois d'octobre.

Après discussion, la Chambre Syndicale décide de consulter tous les établissements adhérents, afin de déterminer si les prix de l'heure actuellement payés par les industriels sont supérieurs ou inférieurs aux prix indiqués sur le bordereau de 1907.

Cette consultation permettra aux membres patrons d'appuyer leurs déclarations de précisions indiscutables.

Affaires diverses. — *Médailles de collaborateurs.* — Conformément à la décision prise par la précédente Chambre Syndicale, dans sa séance du 2 février 1909, M. le Président rappelle la proposition formulée par M. Heinz en vue de distribuer des médailles de collaborateurs aux ouvriers les plus méritants de l'industrie électrique qui n'ont point encore 30 années de service dans le même établissement.

Avant de soumettre un projet à la Chambre Syndicale, il se propose d'examiner en détail les conditions dans lesquelles d'autres associations syndicales ou industrielles distribuent déjà des médailles aux ouvriers et il demande à ses collègues de lui fournir à ce sujet tous les renseignements qu'ils peuvent posséder.

Cette question reviendra donc à l'ordre du jour d'une des prochaines séances de la Chambre.

Certificats délivrés aux employés et ouvriers. — M. le Président signale à ses collègues la prétention émise par l'Administration des Domaines et du Timbre d'exiger que les certificats délivrés aux employés et ouvriers soient rédigés sur papier timbré de $0^{fr},60$ lorsque ces certificats ne contiennent pas *exclusivement* les indications fixées par l'article 3 de la loi du 2 juillet 1890 (1). Cette théorie semble inadmissible, et l'on pense généralement que le mot *exclusivement* signifie que le patron peut ne faire figurer sur le certificat que les mentions indispensables (dates d'entrée et de sortie, espèce de travail) sans pouvoir y ajouter rien de défavorable ni être tenu d'y ajouter rien de favorable.

Il fait d'ailleurs connaître que le Directeur général de l'Enregistrement et du Timbre vient de faire abandonner une contravention dressée par une sous-direction de province pour une prétendue infraction de l'espèce.

(1) Le texte de la loi du 2 juillet 1890 a été publié dans l'*Annuaire* de 1905, page 336.

Marchés passés par l'Administration de la Marine. — M. le Président signale diverses circulaires du Ministre de la Marine en date du 17 septembre 1909 relatives à la préparation et à la passation des marchés de cette Administration.

Ces circulaires seront publiées dans *La Revue électrique* du 15 octobre.

QUESTIONS FINANCIÈRES. — La Chambre Syndicale décide de renouveler, pour l'exercice 1909, la subvention de 150fr habituellement accordée à l'Office national du Commerce extérieur.

La Chambre Syndicale consultée sur l'opportunité de changer sa qualité d'adhérent à la Fédération des Industriels et des Commerçants français contre celle de sociétaires se prononce pour le statu quo.

QUESTIONS DOUANIÈRES. — M. le Président rappelle que l'Association française pour la protection de la propriété industrielle a consulté le Syndicat sur l'utilité qu'il y aurait à apposer les indications d'origine sur les marchandises importées ou exportées.

M. Meyer-May a bien voulu rédiger, à propos de cette question, une Note dont il est donné lecture à la Chambre Syndicale. Cette Note va être communiquée aux Sections professionnelles qui seront invitées à faire connaître leur avis.

CHANGEMENT DE SIÈGE SOCIAL. — M. le Président rappelle que les premiers pourparlers engagés à ce sujet ont été momentanément interrompus pour les raisons qu'il a indiquées au cours de la dernière réunion.

La Chambre discute les conditions dans lesquelles la Commission spéciale, qui a reçu mission d'étudier cette question, pourrait reprendre et poursuivre ces pourparlers.

L'ordre du jour étant épuisé, la séance est levée à 4h10m.

Le Président,	*Le Secrétaire général,*
C. ZETTER.	DE LA FONTAINE-SOLARE.

Tarif des douanes françaises.

Décisions réglementaires récentes relatives au classement des marchandises.

Désignation des marchandises.	Classement.
Prises de courant sans leurs fiches de contact.	Même régime que les *Pièces détachées de machines électriques* (n° 536).
Sabots de freins électriques avec enroulement de fil isolé.	Même régime que les *Appareils électrotechniques* (n° 524 *bis*).

Liste des documents publiés dans le présent Bulletin à l'intention des membres du Syndicat Professionnel des Industries électriques.

Ministère des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes. — Décret nommant un membre du Comité permanent d'électricité, p. 315.

Décret relatif à l'application en Algérie, sous certaines réserves, de la loi du 15 juillet 1906 sur les distributions d'énergie électrique, p. 316.

Avis commerciaux. — Rapports commerciaux des agents diplomatiques et consulaires de France, p. 318. — Tableau des cours du cuivre, p. 318.

SYNDICAT PROFESSIONNEL DES USINES D'ÉLECTRICITÉ.

Siège social : rue Tronchet, 27, Paris.

Téléphone : 225-92.

VINGTIÈME BULLETIN BIMENSUEL DE 1909.

Extrait du procès-verbal de la séance de la Chambre Syndicale du 28 septembre 1909.

Présents : MM. Brylinski, président; Brachet, vice-président; Bizet, Cahen, Eschwège, Javal, Sée, de Tavernier, Widmer.

Absents excusés : MM. F. Meyer, président d'honneur; Fontaine, secrétaire général; Chaussenot, secrétaire adjoint; Azaria et Debray.

Il est rendu compte de la situation financière.

NÉCROLOGIE. — M. le Président fait part du décès de M. le baron de Nervo, vice-président de l'Union des Industries métallurgiques et minières, et rappelle la situation considérable qu'il occupait dans l'industrie métallurgique.

La Chambre Syndicale prend une vive part à cette perte.

NOUVELLE ORGANISATION DE LA SALLE DES SÉANCES. — Les membres présents expriment toute leur satisfaction des améliorations apportées dans la salle des séances et chargent M. le Président d'être leur interprète auprès de M. Fontaine, qui voudra bien transmettre leurs remercîments au propriétaire.

NOUVEAU MEMBRE DE LA CHAMBRE SYNDICALE. — M. Eschwège remet à la Chambre Syndicale l'adhésion de M. Legouez et de l'usine électrique de Jeumont.

M. Brylinski remercie tout particulièrement M. Eschwège d'avoir obtenu cette collaboration extrêmement importante et propose à la Chambre Syndicale de désigner M. Legouez pour participer à ses travaux.

La Chambre Syndicale ratifie cette proposition et nomme M. Legouez membre de la Chambre Syndicale par acclamation.

CORRESPONDANCE ET TRAVAUX INTÉRIEURS. — M. le Président rend compte de la correspondance échangée avec les membres du Syndicat depuis la dernière séance relativement à l'interprétation de traités de gaz et de traités électriques, à l'application de la loi du 15 juin 1906, aux vols d'électricité, à l'élagage des arbres, aux frais de contrôle, aux écoles d'électricité, aux lampes nouvelles, etc.

De nombreuses adhésions ont été sollicitées et obtenues.

Le service de placement a enregistré 10 offres d'emplois, 29 demandes nouvelles et 23 anciennes, et 4 placements indiqués comme réalisés.

ADMISSIONS. — M. le Président fait part des demandes d'adhésion et propose les admissions.

DOCUMENTS SUR LES DISTRIBUTIONS D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE. — M. le Président communique à la Chambre Syndicale les documents suivants :

Circulaire de M. le Ministre des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes, du 27 mai 1909, relative à la communication au Service des Télégraphes de l'avant-projet des distributions à établir par permission de voirie.

Arrêté de M. le Ministre des Travaux publics, des Postes et Télégraphes, du 25 août 1909, portant organisation de la Commission des distributions d'énergie électrique.

Arrêté de M. le Ministre des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes, du 25 août 1909, fixant la composition du Conseil général des Ponts et Chaussées.

Les deux premiers documents ont été publiés dans *La Revue électrique*.

M. le Président indique à la Chambre Syndicale que, d'après le règlement d'administration publique, les frais de contrôle doivent être revisés au plus tard pour le 1er janvier 1910. L'Administration a décidé d'en saisir la Commission des distributions d'énergie, laquelle a nommé une sous-commission pour étudier la question.

DOCUMENTS OFFICIELS. — M. le Président communique à la Chambre Syndicale les documents suivants :

Lettre ministérielle du 11 juin 1909 relative au nettoyage des machines par un personnel supplémentaire (*Bulletin de l'Association des Industriels de France contre les accidents du travail,* juillet 1909).

Loi du 14 juillet 1909 sur les dessins et modèles (*Journal officiel*, 19 juillet 1909).

Décret (Ministère du Travail et de la Prévoyance sociale) du 8 août 1909, rendant la loi du 30 avril 1909 applicable à l'Algérie (*Journal officiel*, 25 août 1909).

M. le Président communique également les rapports parus à l'*Officiel* depuis la dernière séance :

Rapport de M. Cuvinot sur les retraites ouvrières (Sénat, 2 avril 1909).

Proposition de loi ayant pour objet de modifier la loi du 9 avril 1898 concernant les responsabilités des accidents dont les ouvriers sont victimes dans leur travail, présentée par M. Lebrun (Chambre des Députés, 13 mai 1909).

PROJET DE LOI SUR LES FORCES HYDRAULIQUES DU DOMAINE PUBLIC. — M. le Président annonce qu'un rapport supplémentaire de M. Léon Janet sur le projet de loi relatif aux usines hydrauliques a été déposé à la Chambre des Députés le 8 juillet 1909. Ce rapport a été publié dans *La Revue électrique*. Il indique également à la Chambre Syndicale que la Chambre des Députés, dans sa séance du 16 juillet, a adopté : 1° le projet de loi relatif aux usines hydrauliques de MM. Pierre Baudin et Millerand sur les usines hydrauliques.

LÉGISLATION ÉTRANGÈRE. — M. le Président signale que le *Bulletin* de septembre 1909 de la Société belge d'Électriciens publie un projet de loi allemand sur les distributions d'énergie électrique et une étude sur la législation sur les distributions d'énergie électrique. Ces documents ont été reproduits dans *La Revue électrique* du 15 octobre, p. 276, en raison de l'intérêt qu'ils présentent.

Il indique également que le *Bulletin* n° 55 de l'Association suisse des Électriciens contient une adresse au Département Fédéral des Postes et des Chemins de fer relative à l'article 11 des prescriptions fédérales sur l'établissement et l'entretien des installations électriques à fort courant, du 14 février 1908, et que le *Bulletin* n° 56 de la même Association reproduit une adresse au Département Fédéral de l'Intérieur, concernant l'avant-projet de loi sur les forces hydrauliques.

REVISION DE L'ARRÊTÉ TECHNIQUE. — M. le Président fait part à la Chambre Syndicale que de nombreuses observations ont été recueillies au sujet de la revision de l'arrêté technique. Ces observations ont été examinées et concentrées par l'Union des Syndicats de l'Électricité qui les a transmises au Ministère des Travaux publics, à la date du 13 juillet 1909.

ASSURANCES INCENDIE. — M. le Président donne connaissance à la Chambre Syndicale de la lettre de M. Doucerain qui avait été chargé de faire une démarche auprès du Syndicat des Assureurs au sujet d'une interprétation erronée d'une Compagnie d'assurances relativement aux surprimes pour appui des canalisations.

La Compagnie en question ayant reconnu l'erreur d'interprétation de ses agents, la Chambre Syndicale a ainsi toute satisfaction et remercie M. Doucerain du résultat qu'il a obtenu.

BROCHURE SUR LES DISTRIBUTIONS D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE. — M. le Président annonce à la Chambre Syndicale qu'une brochure complémentaire sur les distributions d'énergie électrique a été publiée par les soins du Syndicat. Cette brochure sera envoyée à toutes les usines adhérentes et mise en vente dans les bureaux du Syndicat à raison de 0^fr^,75 l'exemplaire.

COMMISSION MIXTE POUR LA REVISION DES SALAIRES. — M. le Président informe la Chambre Syndicale que la Commission mixte a fonctionné au mois de juillet dernier et sera probablement convoquée à nouveau au mois d'octobre.

Les principales revendications consistent dans une augmentation des prix et dans la suppression de la catégorie des ouvriers conducteurs qui ne peuvent conduire une machine que sous la surveillance d'un ouvrier.

Après divers échanges de vues, la Chambre Syndicale donne mandat à M. Brylinski de résister le plus possible à l'élévation des salaires, qu'elle estime n'être pas justifiée, et à la suppression de la catégorie envisagée, qui comprend de nombreux ouvriers.

COMPTE RENDU DE L'ASSEMBLÉE GÉNÉRALE. — M. le Président dépose sur le bureau de la Chambre Syndicale le compte rendu de l'Assemblée générale du 18 mai 1909.

UNIFICATION DES PAS DE VIS. — M. le Président communique à la Chambre Syndicale l'épreuve des procès-verbaux des réunions tenues en juin dernier par la Commission de l'Unification internationale des pas de vis.

UNION DES INDUSTRIES MÉTALLURGIQUES ET MINIÈRES. — M. le Président remet aux membres présents les documents suivants émanant de cette Union :

N° 411. — Jurisprudence.

N° 412. — Questions sociales et ouvrières. — Revue du mois de juin.

N° 413. — Questions sociales et ouvrières. — Revue du mois de juillet.

N° 414. — Circulaire de M. le Ministre du Travail, en date du 14 juin 1909, relative à l'installation des appareils d'arrêt de machines motrices.

Fédération des industriels et des commerçants français. — M. le Président communique les Bulletins de juillet, août et septembre de cette Fédération, qui contiennent des études intéressantes, notamment sur la responsabilité des communes en cas d'émeute, sur les retraites ouvrières, etc.

Conservatoire des Arts et Métiers. — M. le Président communique à la Chambre Syndicale la lettre du directeur du Laboratoire d'essais du Conservatoire des Arts et Métiers remettant un certain nombre d'exemplaires du rapport sur le fonctionnement du Laboratoire pendant l'année 1908. Ce rapport est distribué aux membres présents.

Comité électrotechnique français. — M. le Président dépose sur le bureau de la Chambre Syndicale le fascicule n° 1 de la Commission électrotechnique internationale donnant les statuts de la Commission et du Comité, le règlement intérieur du Comité, la liste des Sociétés adhérentes, etc.

Échange de publications. — M. le Président communique à la Chambre Syndicale la lettre du 30 août 1909 de la Chambre de Commerce de Paris proposant l'échange de son *Bulletin* avec *La Revue électrique*. La Chambre Syndicale ratifie cet échange.

Bibliographie. — M. le Président dépose sur le bureau de la Chambre Syndicale le *Bulletin de l'Office international du Travail* et les brochures suivantes : *Séance d'installation* de M. Monduit, président, et de M. Regnault-Desroziers, secrétaire de la Chambre de Commerce de Paris, sous la présidence de M. Cruppi; Notice sur M. *Maurice Lichtenberger;* Conférence de M. Gaston Sciama *Sur les retraites ouvrières;* une Note *Sur l'influence de la fréquence sur les circuits équivalents de courant alternatif,* par M. Kennely; une Notice sur les *Usines du Refrain et de la Goule*, et l'*Annuaire* 1909 *de l'Association des Usines électriques allemandes.*

Extrait du procès-verbal de la séance de la Commission Technique du 10 juillet 1909.

Présents : MM. Eschwège, président de la Commission; Fontaine, secrétaire général, Benoît, Buffet, Drin, Paré, Renou, Tainturier.

Absents excusés : MM. Brylinski, président du Syndicat; Bitouzet et Roux.

Passant en revue les points mentionnés dans ce procès-verbal, M. le Président indique au Comité les conditions dans lesquelles le projet d'instructions sur la réception des machines et transformateurs se trouve maintenant ajourné jusqu'à une entente très probable avec le Syndicat Professionnel des Industries électriques.

Il en est de même pour le cahier des charges pour câbles à haute tension. M. Tainturier communique une lettre reçue de M. Grosselin indiquant dans quelles conditions l'accord serait possible si la rédaction proposée était intercalée dans le dernier article contesté, sauf conventions contraires faites au moment de la pose.

Commission pour les canalisations souterraines. — M. le Président indique à la Commission qu'une nouvelle Commission a été instituée pour les canalisations souterraines; il demande que MM. Benoît et Tainturier y soient adjoints, ainsi que M. Guiard.

Unification des règlements électriques. — M. le Président indique que l'Union des Syndicats de l'Électricité s'occupera incessamment de la question de l'unification des règlements et proposera, à cet égard, une étude contradictoire entre les divers Syndicats intéressés.

Traversée des voies ferrées par les canalisations électriques. — Relativement à cette question, divers membres de la Commission font savoir que certaines compagnies de chemins de fer acceptent un câble d'acier porteur sans filet et même certaines demandent un câble avec âme en acier.

Rapport de M. Izart sur le contrôle et l'amélioration du rendement dans les stations centrales électriques. — Il est donné lecture de ce rapport.

A la suite de cette lecture, les membres présents font différentes observations sur l'efficacité des mesures préconisées.

M. Tainturier rappelle la monographie qu'il a faite dans *La Revue électrique* sur l'installation des tramways de Varsovie, où les chauffeurs et le service de contrôle ont constamment en vue, sur un tableau lumineux, l'indication des proportions d'acide carbonique dans les gaz évacués par les cheminées.

Les membres présents échangent leurs idées sur l'intérêt qui peut résulter de ces études, ainsi que de l'achat en commun des combustibles. Ces questions seront étudiées par M. Tainturier dans un prochain rapport.

Avant de lever la séance, M. Drin demande à être chargé de l'étude de la stérilisation des eaux par les rayons ultra-violets, qui permettra sans doute une bonne utilisation du courant de jour dans les petites stations centrales. Dans ces conditions, M. Lebaupin sera chargé du rapport sur les compteurs.

Extrait du procès-verbal de la séance de la Commission d'exploitation administrative et commerciale du 21 mai 1909.

Présents : MM. Sée, président de la Commission; Fontaine, secrétaire général; George, secrétaire de la Commission; Doucerain, Drouin, Rosenfeld.

Absent excusé : M. G. Meyer.

Rapport sur les réducteurs de tension pour lampes a bas voltage (M. Cousin, rapporteur). — M. le Président informe la Commission que l'Union des Syndicats a demandé que les exploitants imposent un décalage minimum pour les appareils utilisés, mais non l'obligation pour ces appareils de travailler en pleine charge. Le rapport sera modifié dans ce sens.

Vols de courant. — M. George donne lecture de la Note qu'il a préparée sur la procédure à suivre pour constater et poursuivre les vols d'électricité.

La Commission décide d'envoyer cette Note aux adhérents sous forme de circulaire, après avis de la Chambre Syndicale.

Agents assermentés. — M. le Président demande à M. Drouin de bien vouloir préparer une Note sur les résultats obtenus par certaines sociétés à la suite de procès-verbaux dressés par des agents assermentés.

Liste des nouveaux adhérents depuis le 15 octobre 1909.

Membre actif.

M.

Legouez (Raynald), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, 75, boulevard Haussmann, Paris, présenté par MM. Eschwège et Brylinski.

Membres correspondants.

MM.

Brun (A.), Banquier, 1, place Marengo, Saint-Étienne (Loire), présenté par MM. Gabriel Cordier et E. Fontaine.

Giat (René), Électricien diplômé, 15, rue Dorian, Paris, présenté par MM. Brylinski et E. Fontaine.

Maurer (Paul), Ingénieur électricien, 133, boulevard Magenta, Paris, présenté par MM. Piernet et E. Fontaine.

Roméo (Pierre), Mécanicien électricien, 20, rue Dauphine, Paris, présenté par MM. Brylinski et E. Fontaine.

Sauveau (Jean-Gaston), Ingénieur A. et M., mine du Nord-Est, Landres-Pienne (M.-et-M.), présenté par MM. Piernet et E. Fontaine.

Usine.

Ateliers de constructions électriques du Nord et de l'Est, 75, boulevard Haussmann, Paris.

Bibliographie.

1° Collection reliée des Bulletins des années 1896 à 1899 (Tome I).

2° Collection reliée des Bulletins des années 1900 et 1901 (Tome II).

3° Collection reliée des Bulletins des années 1902 et 1903 (Tome III).

4° Collection reliée des Bulletins de l'année 1904 (Tome IV).

5° Collection reliée des Bulletins de l'année 1905 (Tome V).

6° Collection reliée des Bulletins de l'année 1906 (Tome VI).

7° Collection reliée des Bulletins de l'année 1907 (Tome VII).

8° Loi et décrets du 9 avril 1898 sur les accidents du travail.

9° Loi du 22 mars 1902 complétant celle du 9 avril 1898 dont la connaissance doit être donnée aux ouvriers par l'affichage dans les ateliers. Il y a lieu pour les membres adhérents de se pourvoir d'affiches répondant à ces nécessités.

Selon les préférences, le Secrétariat peut remettre aux adhérents soit la loi du 22 mars 1902 isolée, soit la loi du 9 avril 1898 remaniée et mise au point. Cette deuxième affiche est plus chère que la première.

10° Circulaire ministérielle du 19 août 1895 : secours à donner aux personnes foudroyées (*courants continus*).

11° Circulaire ministérielle du 19 août 1895 : secours à donner aux personnes foudroyées (*courants alternatifs*).

12° Études sur l'administration et la comptabilité des usines électriques, par A.-C. Ray.

13° Instructions pour l'entretien et la vérification des compteurs, à courant continu et à courant alternatif.

14° Rapport de la Commission des Compteurs, présenté au nom de cette Commission, par M. Rocher, au Congrès du Syndicat, le 13 juin 1903 (document strictement personnel et confidentiel réservé aux seuls membres du Syndicat).

15° Rapport fait au nom de la Commission chargée d'examiner le projet de loi sur les distributions d'énergie, par M. A. Berthelot, député.

16° Projet de loi relatif aux usines hydrauliques sur les cours d'eau non navigables ni flottables, présenté au nom de M. Émile Loubet, Président de la République française, par M. Léon Mougeot, Ministre de l'Agriculture.

17° Projet de loi tendant à autoriser la Ville de Paris à emprunter une somme de 120 millions et à organiser le service du gaz, présenté au nom de M. Émile Loubet, Président de la République française, par M. E. Combes, Président du Conseil, Ministre de l'Intérieur et des Cultes.

18° Note sur la traction électrique des chemins de fer, par M. le Dr Tissot (Congrès du Syndicat, 1903).

19° Conférence de M. Chaumat sur la Télégraphie sans fil (Congrès du Syndicat, 1904).

20° Rapport fait au nom de la Commission de l'Administration générale, départementale et communale, des cultes et de la décentralisation, chargée d'examiner le projet de loi tendant à autoriser la Ville de Paris à emprunter une somme de 120 millions et à organiser le service du gaz, par M. Émile Morlot, député.

21° Renseignements et avis pour la Commission préfectorale chargée d'étudier le régime futur de l'électricité à Paris.

22° Procès-verbal de la séance du 24 octobre 1904 de la Commission d'organisation du régime futur de l'électricité à Paris.

23° Rapport de M. Ch. Prevet, sénateur, fait au nom de la Commission chargée d'examiner le projet de loi, adopté par la Chambre des Députés, tendant à autoriser la Ville de Paris à emprunter une somme de 120 millions et à organiser le service du gaz.

(*Adresser les commandes à M. le Secrétaire général.*)

Compte rendu bibliographique.

Il sera fait mention de tous les Ouvrages d'intérêt général relatifs aux Associations comme aussi de tous les Livres techniques utiles pour les applications du courant électrique dont on fera parvenir deux exemplaires au Syndicat Professionnel des Usines d'Électricité.

Liste des documents publiés dans le Bulletin à l'intention des membres du Syndicat Professionnel des Usines d'Électricité.

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

FORCE MOTRICE.

Les moteurs primaires, par CHARLES-P. STEINMETZ. Communication présentée à l'American Institute of Electrical Engineers, le 19 février 1909 (*Proceedings of the A. I. E. E.*, t. XXVIII, p. 135-156, février 1909). — Pour pouvoir être convertie en énergie électrique, l'énergie trouvée dans la nature sous forme de puissance hydraulique ou de combustibles doit d'abord être transformée en un mouvement de rotation par un moteur primaire quelconque. Les caractères industriels de ces appareils de transformation peuvent se diviser en deux groupes : ceux qui ont trait à l'économie et ceux qui ont trait à la sûreté du service. Sous ces deux rapports, la machine électrique, génératrice ou réceptrice, occupe un très haut rang; aussi ne joue-t-elle qu'un rôle secondaire dans les frais de production de l'énergie électrique. L'élément essentiel, au double point de vue des frais de production et de la sûreté du service, est le moteur primaire, c'est-à-dire l'intermédiaire entre les réserves d'énergie naturelle et l'arbre de la dynamo.

I.

Les frais de production de l'énergie électrique se divisent en trois parties :

A. Les frais invariables ou permanents, c'est-à-dire ceux qui dépendent de la puissance de l'usine, mais non de la quantité d'énergie qu'elle fournit.

B. Les frais proportionnels à la quantité d'énergie fournie.

C. Les frais supplémentaires destinés à assurer la sûreté ou continuité du service.

A. FRAIS INVARIABLES. — 1° *Intérêt à fournir aux capitaux immobilisés.* — Ce facteur varie beaucoup avec la nature de l'énergie utilisée. Il est souvent très élevé pour l'énergie hydraulique, à cause des grands travaux qu'elle nécessite. Il dépend aussi du cours de l'intérêt et des conditions économiques locales : facilités pour réunir les capitaux nécessaires et pour vendre l'énergie produite.

2° *Dépréciation de l'installation.* — Ce facteur est différent pour les différentes parties du matériel; ainsi il est faible pour les bâtiments et pour le cuivre des lignes, tandis qu'il est élevé pour les moteurs de traction.

Lorsqu'on considère la dépréciation, il faut avoir égard à la durée utile des appareils plutôt qu'à leur durée totale. Ainsi les machines électriques, les machines motrices et d'autres parties du matériel peuvent être encore en état de fournir de longues années de service, tandis qu'il serait anti-économique de prolonger leur emploi. Leur durée utile est ainsi terminée. Ces conditions peuvent se trouver réalisées soit par les progrès de l'industrie, qui permettent d'obtenir des appareils beaucoup plus économiques que les anciens, soit par le fait qu'en raison de l'accroissement des débouchés les unités génératrices sont devenues trop faibles, ou l'espace trop mal utilisé, ou le voltage trop bas.

3° Il faut mentionner aussi la partie des frais d'exploitation qui ne dépend pas de l'usage du matériel, comme la direction, et les réparations telles que l'entretien des barrages et des travaux hydrauliques.

B. FRAIS PROPORTIONNELS. — 1° Frais de production de l'énergie, combustible, eau pour la condensation et huile de graissage dans les machines thermiques, eau (lorsqu'elle est taxée) et huile dans les usines hydrauliques, etc.;

2° Main-d'œuvre et conduite des machines et appareils;

3° Entretien, réparation et dépréciation du matériel, dans la mesure où ces facteurs dépendent de l'usage des appareils; par exemple, renouvellement des balais, réparations aux collecteurs, dépréciation des moteurs de traction, etc.).

C. FRAIS DESTINÉS A ASSURER LA SURETÉ DU SERVICE. — 1° Capacité de surcharge des appareils en puissance, tension, etc., pour faire face aux cas imprévus;

2° Doublement de certaines parties du matériel (unités génératrices, excitatrices, lignes);

3° Matériel supplémentaire (machines à vapeur de réserve dans les installations hydrauliques, batteries d'accumulateurs, lignes de bouclage avec d'autres réseaux, etc.).

L'importance relative des postes A et B dépend beaucoup du facteur de charge (rapport de la puissance moyenne à la puissance maxima). Quand ce facteur est bas, le poste A est de beaucoup le plus important. Il diminue d'importance quand le facteur de charge devient meilleur.

II.

En examinant les caractères des machines motrices, il est nécessaire de distinguer entre ceux qui sont inhérents au type d'appareil (comme l'influence des conditions météorologiques dans les installations hydrauliques, la haute température dans le moteur à gaz) et ceux qui n'ont qu'une forme accidentelle. Ceux-ci sont dus à un mode de construction particulier, ils peuvent être réformés et l'on doit leur donner moins d'importance.

La plupart des caractères des machines motrices ressortent soit à l'économie, soit à la sûreté de fonctionnement.

A. ÉCONOMIE. — 1° *Économie de puissance ou rendement.* — Dans un moteur thermique, le rendement total est le produit du rendement mécanique, du rendement thermodynamique et du rendement de la chaudière ou du gazogène. Le rendement thermodynamique est le rapport de l'énergie disponible dans la machine

à l'énergie calorique totale qui lui est fournie. Le rendement mécanique est le rapport entre l'énergie fournie à l'arbre moteur et l'énergie disponible dans la machine. Le rendement de la chaudière ou du gazogène est le rapport entre l'énergie calorifique fournie à la machine et l'énergie calorifique totale du combustible.

Comme les frais de production de l'énergie ne sont qu'une partie des frais proportionnels, l'importance du rendement varie selon le rapport des frais proportionnels aux frais totaux. Elle dépend donc de diverses considérations : puissance de l'installation, facteur de charge, etc. En général, un rendement élevé des machines augmente d'importance avec la puissance de l'installation et l'amélioration du facteur de charge et devient l'élément le plus important. Dans les petites usines à facteur de charge peu élevé, le rendement des machines tombe à un rang secondaire par rapport aux frais permanents A et aux frais d'entretien et de réparation.

2° *Économie d'espace.* — Ce facteur dépend essentiellement de la façon plus ou moins habile dont l'installation a été conçue et du genre de machine motrice. Il influence les frais permanents; son importance est très variable suivant les cas.

3° *Économie de capital immobilisé.* — Ceci dépend beaucoup des débouchés disponibles et des qualités qu'on exige de l'énergie distribuée. Ce facteur influence le choix des machines motrices, car lorsqu'on a des débouchés assurés, exigeant un service de grande régularité, une installation moderne de premier ordre, avec le meilleur type de machines motrices et d'amples réserves, quoique immobilisant un capital considérable, est la meilleure au point de vue économique. Mais, même dans les grandes installations de premier ordre, certaines parties du matériel électrogène ne sont mises en service que de temps en temps; leur facteur de charge est donc très bas, et l'on peut les constituer par des machines moins chères et de moins bon rendement que celles qui sont continuellement en service. On a ainsi un moyen d'utiliser, pour ce matériel de réserve, les machines dont la durée utile a pris fin pour le matériel principal. Ceci s'applique, jusqu'à un certain point, au matériel thermique de réserve des installations hydrauliques, surtout lorsqu'il n'est que rarement mis en service.

4° *Économie de main-d'œuvre, selon que le personnel affecté aux machines doit être plus ou moins nombreux et expérimenté.* — Quand le personnel technique est coûteux et médiocre, les machines motrices dont le service doit être assuré par des hommes de cette catégorie deviennent moins économiques que des machines de moins bon rendement dont le service peut être fait par des manœuvres. Aux États-Unis surtout, il est économiquement nécessaire de réduire l'importance du personnel technique; aussi les constructeurs de machines motrices et d'appareils électriques se sont-ils surtout efforcés d'établir leurs machines de façon à les rendre autant que possible invulnérables aux maladresses, même en faisant des sacrifices sur le rendement et sur d'autres qualités. Ce fait a beaucoup influé sur la voie suivie par l'industrie américaine. Un exemple caractéristique des effets du prix et du genre de main-d'œuvre est l'adoption générale de la lampe à arc enfermé aux États-Unis, tandis qu'ailleurs l'arc à l'air libre, dont le rendement est meilleur, est partout employé.

5° *Entretien, réparations, dépréciation.* — Ces caractères dépendent beaucoup du genre de machine motrice, et, dans les machines thermiques, du cycle que suit la machine. Les causes qui tendent, toutes choses égales d'ailleurs, à augmenter les frais d'entretien et de réparations, et à rendre la dépréciation plus rapide sont : les grands écarts de température, les cylindres de grand volume et les fortes pressions sur les pistons, les masses en mouvement lourdes (surtout les masses en mouvement alternatif), les grandes vitesses (surtout celles des masses en mouvement alternatif). Les frais de cette nature sont donc, jusqu'à un certain point, inversement proportionnels au rendement mécanique et proportionnels au rendement thermodynamique du cycle que suit la machine.

Toutefois la dépréciation ne dépend pas seulement de l'usure des appareils, mais aussi des limites de leur durée utile. Avec les machines qui sont actuellement en progrès rapide, comme la turbine à vapeur et le moteur à gaz, il faut s'attendre à une durée utile plus courte qu'avec les machines qui n'accomplissent plus de progrès notables. Mais la concurrence des machines nouvelles abrège peut-être davantage encore la durée utile des machines de type stable : ainsi la durée utile de la turbine à vapeur, en raison de ses progrès rapides, est nécessairement plus courte que ne le serait celle de la machine à vapeur à pistons s'il n'existait ni turbines à vapeur ni moteurs à gaz; mais, en raison de l'existence de ces dernières machines, la durée utile de la machine à pistons, telle qu'elle est limitée par les progrès de l'industrie, se trouve abrégée d'une manière correspondante, car elle est soumise à deux alternatives : ou se laisser remplacer par les turbines à vapeur et les moteurs à gaz, ou accomplir elle-même des progrès rapides.

B. Sureté de fonctionnement. — Au point de vue de la sûreté de fonctionnement, c'est-à-dire de la continuité du service, il faut considérer les caractères suivants :

1° La présence ou l'absence d'influences extérieures qu'on ne peut maîtriser, comme les phénomènes météorologiques, etc.

2° Le plan de l'installation. Le plan de la disposition des machines motrices et des appareils électriques doit être établi avant celui des bâtiments et combiné de façon à assurer la plus grande sécurité dans l'exploitation. C'est ce qu'on a souvent négligé de faire. L'architecte des bâtiments ne s'est pas rendu compte que les tableaux et appareils de manœuvre des installations électriques à haute tension exigent beaucoup d'espace, et il a entassé tout cet appareillage dans un emplacement très insuffisant, au grand détriment de la sûreté de fonctionnement de la distribution. On a fait de ce côté des progrès notables dans ces dernières années.

3° La fréquence probable des pannes de la machine motrice, leur répercussion sur d'autres machines, le nombre des autres unités et le matériel de réserve disponible.

4° La rapidité avec laquelle on peut mettre les appareils en marche et en service, de façon à parer aux cas imprévus tels que la rupture d'une ligne de transmission ou d'un feeder, un accident à un ou à plusieurs groupes générateurs et la rapidité de la réaction aux changements de charge, c'est-à-dire la régulation de la vitesse et du voltage.

III.

Pour se rendre compte de l'adaptation des divers genres de machines motrices aux exigences économiques et autres du service électrique, discutées plus haut, il faut considérer leurs traits caractéristiques.

Les genres de machines motrices dont on dispose sont les suivants :

A. *La turbine hydraulique.* — Le type à action, le type à réaction et leurs combinaisons diverses.

B. *La machine à vapeur.* — A condensation et sans condensation, avec et sans surchauffe.

La turbine à vapeur. — A condensation et sans condensation, avec et sans surchauffe.

Le moteur à gaz. — Alimenté directement du combustible dont on dispose : gaz naturel, gaz des hauts fourneaux, huile ou essence de pétrole, etc.

Le moteur à gaz. — Alimenté par un gazogène transformant en gaz un combustible solide.

La turbine à gaz n'existe pas encore, mais, comme elle apparaîtra sans doute un jour, on la considérera aussi.

A. Machines motrices hydrauliques. — La puissance hydraulique se distingue surtout par sa dépendance des conditions météorologiques : sécheresses, crues, charriage de glaces, influences mécaniques et électriques sur les lignes de transmission amenant la puissance au lieu de distribution. Il en résulte que la sûreté du service est bien moindre pour la puissance hydraulique que pour la vapeur, à moins qu'on ne fasse de grands frais pour le doublement de l'installation, le matériel à vapeur de réserve, etc.

Les frais permanents sont généralement très élevés, à cause des grands travaux nécessaires. Les frais proportionnels sont au contraire très bas, puisqu'il n'y a pas de dépense de combustible. Ces conditions font qu'un facteur de charge élevé est encore plus important pour les usines hydrauliques que pour les usines à vapeur. Aussi peut-il être parfois économique de vendre plus d'énergie que la chute d'eau ne peut en fournir, de façon à la tenir constamment à pleine charge, et d'employer un matériel auxiliaire à vapeur pour les pointes de la charge.

B. Machines motrices thermiques. — Le rendement thermodynamique dépend essentiellement de l'écart de températures qui agit dans la machine. Le rendement mécanique, les frais d'entretien et la sûreté de fonctionnement dépendent en grande partie des efforts mécaniques et des températures auxquels sont soumises les machines motrices, de l'énergie contenue par unité de poids et par unité de volume dans le fluide agissant (vapeur ou air) et de la vitesse de la machine. Pour comparer les machines à ce point de vue, il faut étudier les cycles thermodynamiques qu'elles réalisent.

Dans la figure 1 on a porté en abscisses la température en degrés centigrades et en ordonnées l'énergie disponible, exprimée en kilo-joules, par kilogramme du fluide agissant, vapeur ou air, pour les trois cycles typiques des gaz parfaits et pour la vapeur employée

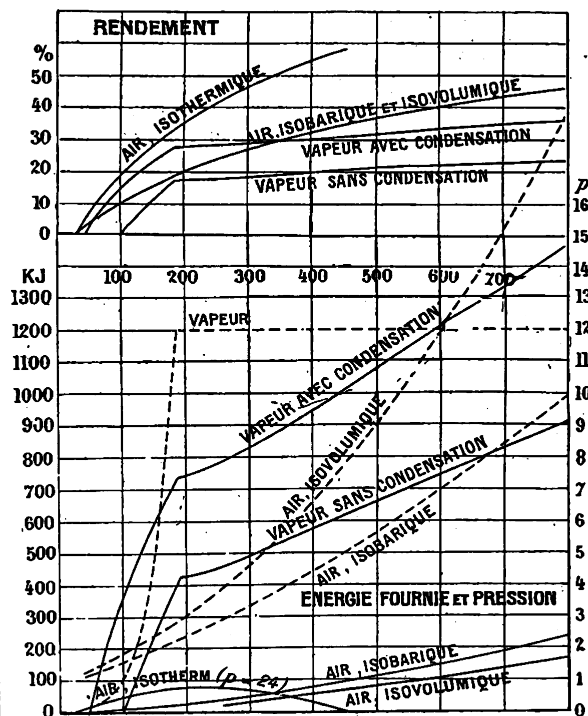


Fig. 1.

sans ou avec condensation, la pression dans le condenseur étant de 0,1 kg : cm², soit un vide d'environ 68cm, ce qui est à peu près la moyenne entre le vide appliqué dans la turbine à vapeur et celui de la machine à pistons. Les pressions correspondantes sont marquées en lignes pointillées et les rendements thermodynamiques en haut de la figure. Les figures 2 à 6 représentent des cycles typiques.

On a admis pour la vapeur une pression maxima de 12 kg : cm² et une pression double pour les cycles de gaz.

Comme le montre la figure 1, le cycle de Carnot ou isothermique (admission à température constante, détente adiabatique, échappement à température constante, compression adiabatique) ne fournit pas une quantité appréciable d'énergie et ne peut utiliser de grandes différences de température sans conduire à des pressions impraticables. Il ne peut donc sortir du domaine de la théorie. Avec une pression maxima $p = 24$ kg : cm² l'énergie maxima que peut fournir 1kg d'air avec le cycle de Carnot est 70 kilo-joules, soit environ le dixième de l'énergie contenue dans la vapeur saturée à une pression moitié moindre, et la température supérieure du cycle, pour atteindre à cette

énergie maxima, est relativement basse : 225° C. Ce cycle est représenté dans la figure 2 ; c'est le cycle de Carnot le plus *épais* qu'on puisse réaliser à une

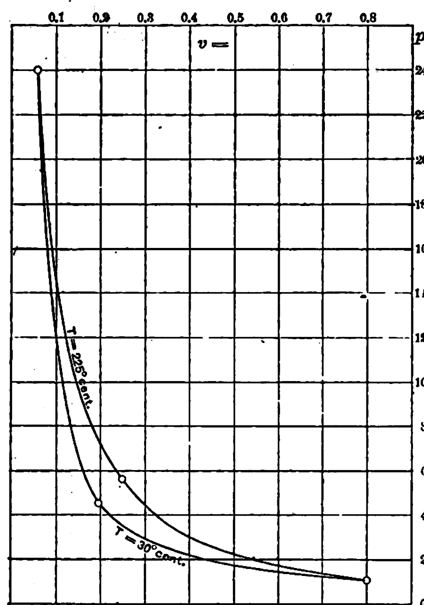


Fig. 2.

pression non supérieure à 24 kg : cm². A des températures plus élevées, le rendement du cycle de Carnot augmente, mais l'énergie fournie diminue. L'énergie disparaît complètement, le cycle se réduisant à une ligne, à 455° C. environ, ce qui est une température bien inférieure à celle qu'on admet dans les moteurs à gaz.

Le cycle isovolumique des gaz parfaits : admission à volume constant (combustion à volume constant) et échappement à volume constant, est le cycle du moteur à gaz idéal. Le cycle isobarique : admission à pression constante et échappement à pression constante, serait celui de la turbine à gaz. Les courbes de la figure 1 se rapportant à ces cycles sont établies pour les conditions d'énergie fournie maxima entre les limites de température fixées. Dans ces conditions, le rendement thermodynamique est bien inférieur au rendement maximum, représenté par le cycle de Carnot. On a

$$\eta = 1 - \sqrt{\frac{T_2}{T_1}},$$

pour les cycles isovolumique et isobarique avec énergie maxima, tandis que pour le cycle isothermique le rendement est

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1},$$

où T_1 et T_2 sont les températures absolues maxima et minima atteintes dans le cycle. On peut augmenter le rendement thermodynamique de ces cycles en accroissant la pression; mais on réduit ainsi l'énergie fournie et, par suite, le rendement mécanique.

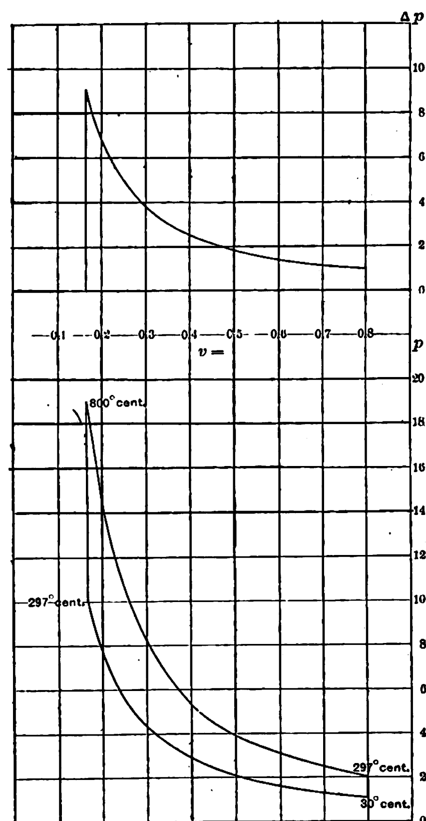


Fig. 3

Les courbes de la figure 1 montrent encore que le cycle isobarique fournit plus d'énergie que le cycle isovolumique pour une pression beaucoup plus basse, ce qui indique que la turbine à gaz fonctionnera à des pressions modérées.

Les figures 3 et 4 représentent les cycles isovolumique et isobarique pour une température maxima de 800° et pour les conditions d'énergie fournie maxima, comme dans la figure 1. Même à la plus haute température, la pression correspondant à l'énergie maxima, dans le cycle isovolumique, n'atteint pas celle qu'on obtient dans le cycle de Carnot pour une énergie fournie insignifiante.

Les courbes se rapportant à la vapeur, dans la figure 1, sont intéressantes par l'élévation rapide et les très hautes valeurs de l'énergie disponible. Ainsi, pour un écart de température de 141° C. entre la chaudière et le condenseur, le cycle de la vapeur donne par kilogramme plus de quatre fois l'énergie disponible dans le cycle isovolumique de l'air pour un écart de températures de près de 800°. La cause en est évidemment l'énorme chaleur dégagée par la condensation partielle de la vapeur.

Le rendement du cycle de la vapeur saturée est pratiquement le même que celui du cycle de Carnot; il atteint donc le maximum théorique pour l'écart de

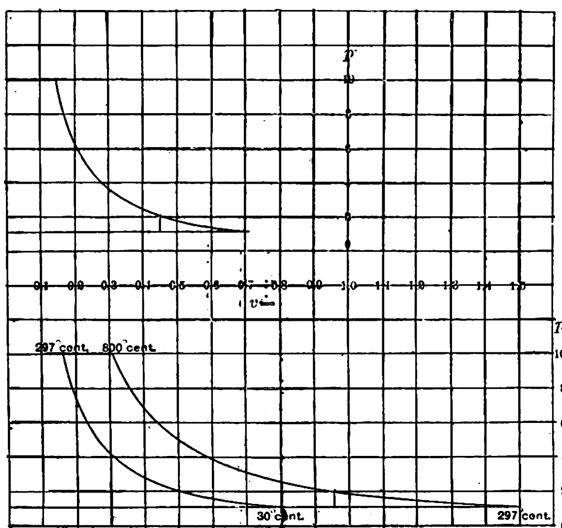


FIG. 4

température utilisé. Mais l'élévation rapide de la pression impose une limite à l'écart de température qu'on peut

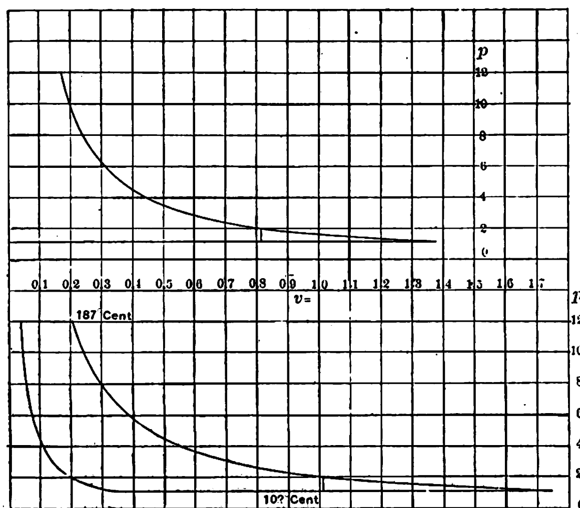


FIG. 5

Cycle de la vapeur saturée sans condensation.

réaliser dans ce cycle. Aussi, à partir de 187°, température correspondant pour la vapeur à la pression $p = 12$ kg : cm², l'accroissement de température ne se produit pas à saturation et avec augmentation de la pression de la vapeur, mais à pression constante, par surchauffe.

Les courbes de la vapeur surchauffée [1] montrent que le supplément d'énergie rendu disponible par surchauffe est faible, jusqu'à ce qu'on surchauffe très fortement, à des températures aussi élevées que celles des moteurs à gaz. Elles montrent surtout que l'accroissement de rendement thermodynamique dû à la surchauffe est très faible. La raison en est que le supplément d'énergie rendu disponible par la surchauffe est très faible par rapport à l'énergie totale du cycle.

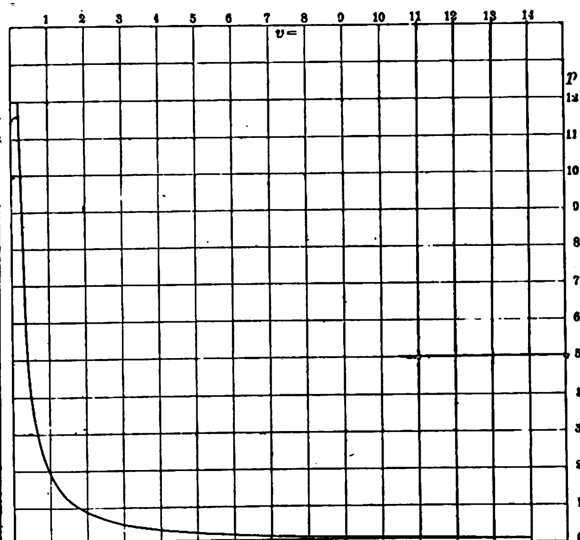


FIG. 6

Cycle de la vapeur saturée avec condensation.

Si le rendement du cycle de la machine à vapeur est amélioré par la surchauffe, la cause n'en est pas l'accroissement du rendement thermodynamique du cycle, mais la diminution des pertes, surtout de celles qui viennent de la condensation sur les parois. C'est donc essentiellement un accroissement du rendement mécanique tel qu'il a été défini plus haut.

L'énergie rendue disponible par la surchauffe ne devient considérable qu'aux températures très élevées, et le rendement thermodynamique s'élève donc aussi. Néanmoins, pour tout l'intervalle compris entre la température de la chaudière, 187°, et celle de 800° (aussi élevée que dans les moteurs à gaz), le supplément d'énergie dû à la surchauffe égale à peu près celle que fournit la vapeur saturante dans l'intervalle de 141°, et le rendement thermodynamique ne s'élève que de 9 pour 100, ce qui est bien inférieur aux rendements des moteurs à gaz. Ceci indique la diminution de rendement thermodynamique qui résulte de l'injection d'eau dans les moteurs à gaz, faite en vue de limiter la température de combustion.

La figure 5 représente le cycle de la vapeur saturante sans condensation et la figure 6 le cycle, pour une turbine, de la vapeur saturante avec condensation.

(1) Ces courbes sont calculées avec les constantes suivantes : chaleur spécifique $c_p = 0,525$ à la pression $p = 12$ kg : cm² et constante adiabatique $\gamma = 1,286$.

La comparaison des figures 4 et 5 fait ressortir la largeur plus grande de l'aire du cycle de la vapeur. Dans les figures 3, 4 et 5, on voit à la partie supérieure le cycle modifié en soustrayant les ordonnées de la courbe de compression de celles de la courbe de détente, ce qui facilite la comparaison des aires des différents cycles.

Ce qui caractérise les cycles des figures 4, 5 et 6, c'est le très grand volume atteint à la fin de la détente : l'aire se prolonge en une surface triangulaire longue et étroite. Pour prolonger la détente adiabatique jusqu'à la pression de l'échappement, il faudrait donc des cylindres d'un volume anormal pour les machines à pistons, ce qui augmenterait les pertes mécaniques; il faut donc arrêter la détente longtemps avant d'avoir atteint la pression d'échappement, à peu près au point indiqué dans les courbes, ou même à des pressions encore plus élevées. La machine à pistons ne peut donc tirer tout le bénéfice des vides élevés au condenseur, tandis que la turbine n'est pas limitée à cet égard.

L'auteur donne deux Tables établissant la comparaison des six cycles typiques examinés et des diverses machines motrices; dans l'une il donne les pressions, volumes et températures pratiquement employés dans chaque cycle, au début et à la fin de l'action de la masse gazeuse agissante; dans l'autre il met en regard les poids et volumes du fluide pour 100 kilo-joules d'énergie disponible dans les divers types de machines, les pressions sur le piston, les volumes des cylindres, les rendements.

La seconde Table fait apparaître les différences qui existent entre la machine à vapeur à pistons, la turbine à vapeur et le moteur à gaz. La turbine à vapeur peut utiliser la détente jusqu'à des pressions aussi basses que le permet le condenseur, et elle est de dimensions plus faibles que la machine à pistons, à cause de la vitesse plus grande que permet son mouvement rotatif.

Ce qui caractérise le moteur à gaz, par rapport à la machine à vapeur, ce sont les pressions plus fortes sur le piston, qui obligent à donner plus de poids aux masses en mouvement alternatif. Par suite, dans le moteur à gaz, le poids, les dimensions et les pertes mécaniques sont plus grandes, surtout si on le compare avec la turbine à vapeur. Il résulte aussi de ces efforts mécaniques plus grands dans le moteur à gaz que son fonctionnement est moins sûr, ou que le personnel de surveillance doit être plus compétent, ou que le type de construction de la machine est plus difficile et plus coûteux. Ce qui caractérise aussi le cycle du moteur à gaz, c'est un rendement thermodynamique beaucoup plus élevé, qui, même en tenant compte du rendement mécanique plus faible, est encore très supérieur à celui de la machine à vapeur, surtout quand on peut recevoir directement le combustible gazeux, sans installation de gazogènes.

Il faut en général distinguer, pour les moteurs à gaz, les deux cas suivants, qui sont bien différents :

1° On reçoit directement le combustible gazeux ou liquide (gaz des hauts fourneaux, gaz naturel, moteurs d'automobiles);

2° Le combustible gazeux doit être extrait du charbon au moyen d'une installation spéciale.

Quand on met en regard les avantages du rendement plus élevé et les inconvénients des efforts mécaniques plus grands, c'est souvent la différence entre ces deux cas qui peut déterminer le type de machine motrice qu'on choisira en vue de l'économie totale maxima.

P. L.

USINES GÉNÉRATRICES.

Notes sur le prix de revient de l'énergie électrique, par H.-G. STOTT. Communication présentée à l'American Institute of Electrical Engineers, le 18 décembre 1908 (*Proceedings of the A. I. E. E.*, t. XXVII, p. 283-306, avril 1909). — Il est impossible de déterminer un prix de revient normal du kilowatt-heure en raison de l'imprécision de certains facteurs qui y contribuent : le capital immobilisé, auquel souvent on n'attache pas l'importance nécessaire et qui, lorsqu'on le prend en considération, fait commettre dans les évaluations de fortes erreurs; le prix des fondations, le prix de la main-d'œuvre, qui peuvent varier dans de grandes limites; l'influence de l'emplacement sur le prix du charbon et de l'eau ainsi que sur les frais de premier établissement. Cependant les Notes réunies par l'auteur montreront du moins les relations fondamentales qui existent entre les différents facteurs du prix de revient de l'énergie et indiqueront en même temps les résultats qu'on obtient pratiquement aujourd'hui dans les grandes usines dont la charge maxima dépasse 30000 kilovatts.

La Table ci-dessous reproduit, avec quelques modifications dues aux progrès accomplis depuis lors, une Table analogue publiée par l'auteur en 1906. Les principaux changements viennent d'une économie meilleure du fonctionnement des turbines à vapeur et de la diminution des charges fixes, dont l'évaluation est descendue de 12 pour 100 à 11 pour 100 du capital entier. Ces charges fixes se décomposent ainsi : 5 pour 100 d'intérêt, 1 pour 100 d'impôts et de frais d'administration générale et 5 pour 100 d'amortissement dans les installations à vapeur et hydrauliques. Pour les installations de moteurs à gaz, on compte 6 pour 100 d'amortissement, ce qui porte à 12 pour 100 les charges fixes.

Dans les courbes reproduites ci-dessous, on a admis, pour le charbon livré à l'usine, deux qualités : une supérieure, donnant 8000^{cal} par kilogramme, à 15^{fr} la tonne; une inférieure, donnant 6000^{cal} par kilogramme, à $7^{fr},50$ la tonne. On met ainsi en lumière l'influence de la qualité du charbon sur le prix de revient de l'énergie.

Dans la figure 1 on voit, pour les divers types d'installation, les charges fixes représentées par les courbes situées au-dessus de l'axe des abscisses [1] et les frais

[1] Il y a deux courbes relatives aux installations avec turbines à vapeur (courbes 2); l'une se rapporte au cas d'une dépense d'installation de 93,75 dollars par kilowatt, l'autre à une dépense de 75 dollars par kilowatt. Les courbes des charges fixes des installations à moteurs à pistons, à moteurs à gaz et turbines à vapeur, enfin à turbines hydrauliques (courbes 1, 5 et 6) se confondent.

d'exploitation représentés par les courbes au-dessous de cet axe, de sorte que la somme des ordonnées donne les dépenses totales par kilowatt-heure pour un facteur de charge quelconque de l'installation. Il est à noter

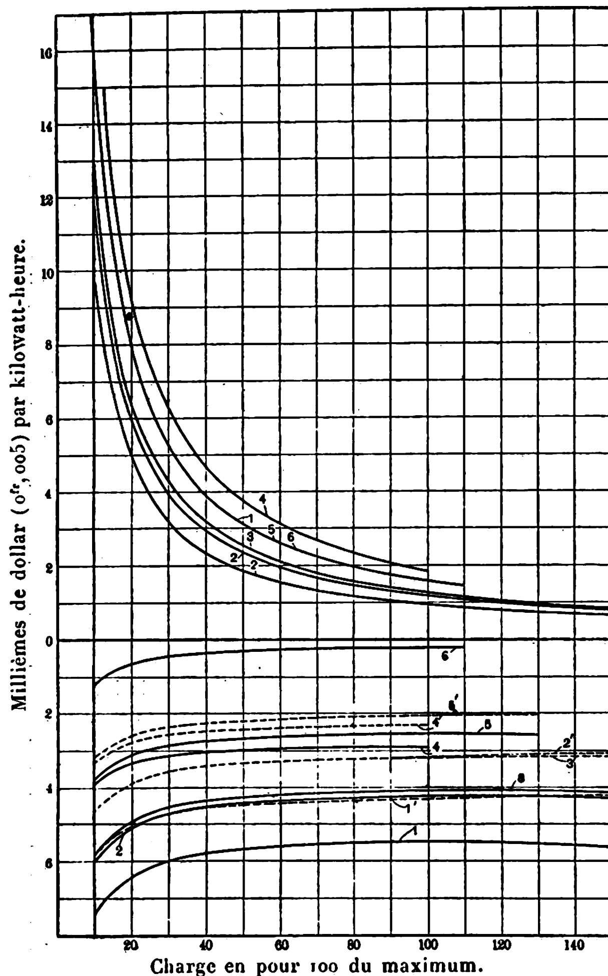


Fig. 1. — Courbes en trait plein : charbon à 15fr la tonne donnant 8000cal par kilogramme. — Courbes pointillées : charbon à 7fr,50 la tonne donnant 6000cal par kilogramme.
Courbe 1, vapeur; machines à pistons.
Courbe 2, vapeur; turbines.
Courbe 3, vapeur; machines à pistons et turbines à basse pression.
Courbe 4 : moteurs à gaz.
Courbe 5 : moteurs à gaz et turbines à vapeur.
Courbe 6 : turbines hydrauliques.

qu'on a fait les hypothèses suivantes : toutes les installations à vapeur ont une capacité de surcharge de 50 pour 100, suffisante pour leur faire supporter une pointe de charge d'une durée de 2 heures, tandis que l'installation de moteurs à gaz n'est pas susceptible de surcharge. L'usine mue par moteurs à gaz et turbines à vapeur a 25 pour 100 de capacité de surcharge et l'usine hydraulique 10 pour 100.

L'auteur donne une série de courbes indiquant les variations du prix de revient de l'énergie au cours

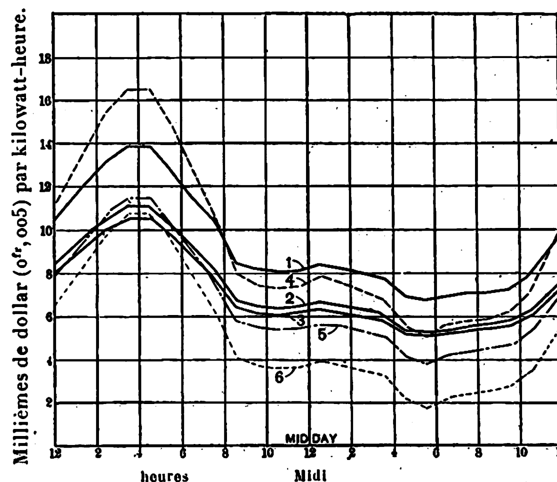


Fig. 2. — Charge typique d'une usine d'éclairage en hiver. Variations du prix de revient de l'énergie au cours de la journée. Courbes 1, 2, 3, 4, 5 et 6 : même désignation que dans la figure 1.

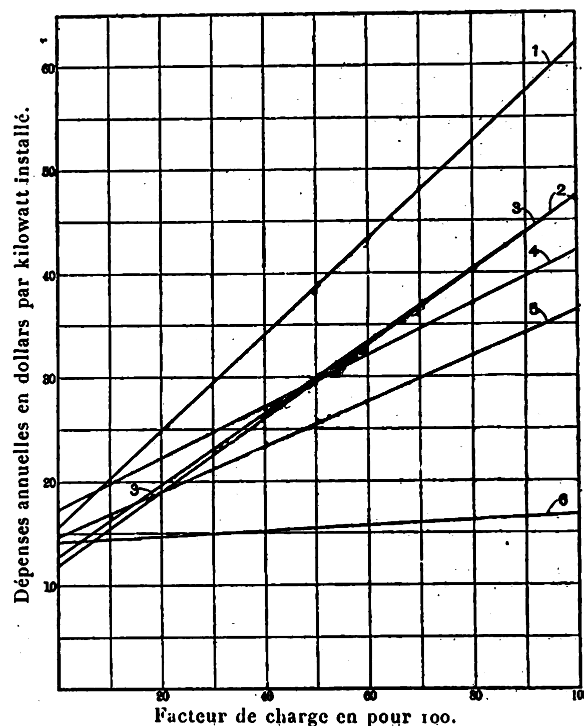


Fig. 3. — Courbes 1, 2, 3, 4, 5, 6 : même désignation que dans la figure 1. Charbon à 15fr la tonne, donnant 8000cal par kilogramme.

d'une journée d'été ou d'hiver pour différentes utilisations du courant : force motrice, lumière, traction, et

Proportion des frais par kilowatt-heure.

	Vapeur (machines à piston).	Vapeur (turbines).	Vapeur (machines à piston et turbines à basse pression).	Moteurs à gaz.	Moteurs à gaz et turbines à vapeur.	Turbines hydrauliques.
Entretien.						
Machines motrices	2,59	0,51	1,55	5,18	2,84	0,51
Chaudières ou gazogènes	4,65	4,33	3,55	1,16	1,97	»
Matériel de manutention du charbon et des cendres.	0,58	0,54	0,44	0,29	0,29	»
Matériel électrique	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13
Exploitation.						
Charbon	61,70	55,53	52,44	26,52	25,97	»
Eau	7,20	0,65	0,61	3,60	2,16	»
Main-d'œuvre (machines motrices)	6,75	1,36	4,06	6,76	4,06	1,36
Main-d'œuvre (chaudières ou gazogènes)	7,20	6,74	5,50	1,81	3,05	»
Main-d'œuvre (manutention du charbon et des cendres)	2,28	2,13	1,75	1,14	1,14	»
Enlèvement des cendres	1,07	0,95	0,81	0,54	0,54	»
Main-d'œuvre (électriciens)	2,54	2,54	2,54	2,54	2,54	2,54
Graissage (salle des machines)	1,78	0,35	1,02	1,80	1,07	0,20
Chiffons, etc. (salle des machines)	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,20
Graissage, etc. (chaufferie)	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	»
Frais d'exploitation comparés en pour 100	100,00	77,23	75,87	52,94	47,23	5,94
Capital immobilisé en pour 100	100,00	75,00	80,00	110,00	96,20	100,00
Frais d'installation, moyens probables par kilowatt.	125,00	93,75	100,00	137,50	120,00	125,00
Charges fixes probables en pour 100	11	11	11	12	11,5	11

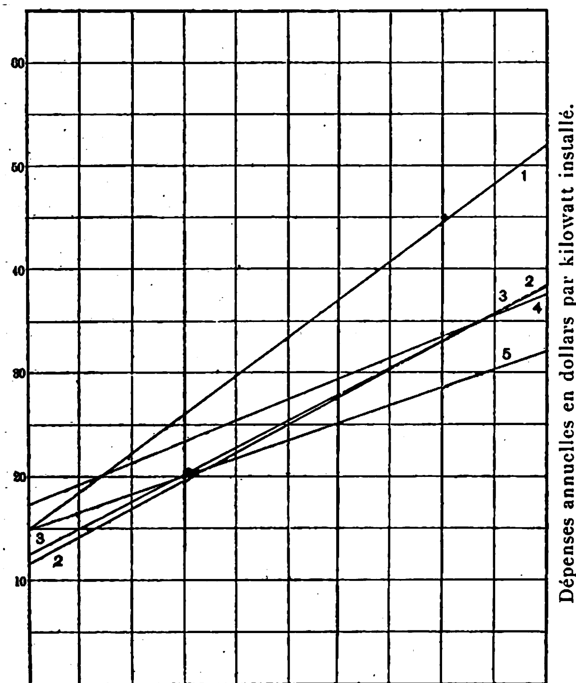


Fig. 4. — Facteur de charge en pour 100.

Fig. 4. — Courbes 1, 2, 3, 4, 5, 6 : même désignation que dans la figure 1. Charbon à $7^{fr},50$ la tonne, donnant 6000^{cal} par kilogramme.

pour différentes installations électrogènes. Nous reproduisons ici (*fig.* 2) les courbes qui se rapportent à une journée d'hiver pour une charge d'éclairage. Les six sortes d'installations électrogènes mentionnées dans la Table y sont représentées (*voir* la légende de la figure).

On voit que, pendant la plus grande partie de la journée, l'usine à moteurs à gaz (courbe 4) est la plus onéreuse, en raison des charges fixes élevées qu'elle supporte. Le prix de revient obtenu avec les machines à vapeur à piston (courbe 1) est élevé aussi pour le même motif, pendant la faible charge du matin. Le prix de revient de l'usine hydraulique (courbe 6) est aussi accru par les charges fixes; mais, les frais d'exploitation étant faibles, c'est ce genre d'installation qui donne en somme le meilleur rendement économique. L'usine dans laquelle la moitié de la puissance est fournie par des moteurs à gaz et l'autre moitié par des turbines à vapeur (courbe 5) donne une excellente courbe, non seulement pour le genre de charge représenté par la figure reproduite ici, mais aussi pour les autres. Il semble donc que ce type d'installation soit destiné à se répandre.

Il faut se rappeler dans ces comparaisons qu'on n'a fait entrer en compte ici que les dépenses afférentes à la partie de l'exploitation qui va jusqu'aux barres omnibus de l'usine génératrice. Aussi les apparences sont-elles trop favorables à l'installation hydraulique, qui presque toujours doit s'imposer les frais de construction et d'exploitation des lignes de transmission, mais il n'était guère possible de faire entrer dans la comparaison une quantité aussi indéterminée.

Les figures 3 et 4 indiquent les frais totaux de production de l'usine génératrice (charges fixes et dépenses d'exploitation) par kilowatt installé et par an pour différents facteurs de charge et pour chacun des six types d'installation. Les deux figures se rapportent à deux qualités de charbon; figure 3 : charbon à 15^{fr} la tonne donnant 8000^{cal} par kilogramme; figure 4 : charbon à $7^{fr},50$ la tonne donnant 6000^{cal} par kilogramme. Ici encore, les évaluations sont établies pour l'énergie engendrée et conduite jusqu'aux barres omnibus seulement, de sorte que pour la courbe 6 il faudrait ajouter les frais de premier établissement et d'entretien des lignes de transmission et des transformateurs. P.L.

Usine hydro-électrique de Duluth (Minnesota, États-Unis). — Cette usine utilise une chute d'eau de 115^{m} environ de la Saint-Louis River; elle contient actuellement trois groupes électrogènes à turbines Francis, de 10000 chevaux, chaque turbine étant alimentée par une conduite forcée de $2^{m},135$ de diamètre et d'environ 1500^{m} de longueur, en bois cerclé de fer sur les 1220^{mm} de la partie supérieure et en tôle d'acier à la partie inférieure.

Pour éviter des coups de bélier trop violents en cas de fermeture brusque des vannes d'admission on a installé à 46^{m} au-dessus de l'usine une colonne montante verticale ouverte dont la hauteur dépasse 72^{m}. La disposition de cette colonne, décrite en détail dans la *Zeits. der Ver. deutsch. Ing.* du 12 juin et que signale le *Génie civil* du 16 octobre, est représentée schématiquement par la figure ci-jointe.

Fig. 1. — Schéma des conduites de l'usine hydro-électrique de Duluth.

Cette colonne amortisseuse est commune aux trois conduites actuellement posées et servira également aux sept autres conduites qui seront posées ultérieurement pour alimenter sept nouvelles turbines. A $4^{m},65$ au-dessus des conduites on a disposé un collecteur horizontal de 11^{m} de longueur et de $2^{m},45$ de diamètre qui pourra être allongé plus tard à mesure des besoins. Le collecteur est relié aux conduites par des cuissards en acier coulé portant les vannes; quatre cuissards ont été installés, une quatrième conduite devant être prochainement construite. La colonne amortisseuse, montée sur le collecteur, a un diamètre de $1^{m},52$; elle se termine en haut par un réservoir de $9^{m},15$ de diamètre et est soutenue par un pylone à base carrée en treillis très léger.

TRANSFORMATEURS.

Transformateurs modernes de grande et de faible puissance. — Bien qu'en principe les transformateurs statiques soient des appareils assez simples, leur construction économique et rationnelle soulève en pratique des problèmes très délicats. C'est ce qui nous incite à donner quelques détails sur deux transformateurs modernes de puissances très différentes, afin de permettre de les comparer sommairement.

Le premier de ces transformateurs (*fig.* 1) fait partie d'un groupe de quatre appareils identiques de 3750 kv-a chacun, installés avec les alternateurs triphasés qui les accompagnent, par la société Felten und Guilleaume-Lahmeyerwerke, de Francfort, dans l'usine d'électricité de Tronto, près de Gênes. Comme les trois autres, ce transformateur a pour mission d'élever la tension du courant qu'il reçoit de l'alternateur correspondant de 5000 à 50000 volts, tension sous laquelle l'énergie est transportée par la ligne.

Il comporte un noyau en tôles d'un alliage de fer de qualité spéciale pour transformateurs; ces tôles isolées au papier sont empilées et maintenues serrées au moyen de boulons soigneusement isolés au leatheroid. Ce noyau est formé de trois jambes verticales réunies en haut et en bas par des jougs qui ferment le circuit magnétique. Ces jougs sont comprimés entre des pièces de fonte formant le bâti de l'appareil. Les tôles d'alliage mises en œuvre ont $0^{mm},3$ d'épaisseur et se distinguent par leur faible coefficient d'hystérésis, leur résistivité élevée et leur grande perméabilité magnétique. L'influence de ces qualités se manifeste par une diminution considérable des pertes par hystérésis et courants de Foucault et par une réduction parallèle du poids des matières actives et des dimensions d'encombrement du transformateur. Celui-ci est immergé dans un bain d'huile qui contribue à la fois à la réfrigération et à l'isolement des enroulements. Pour que la quantité d'huile à employer ne devienne pas excessive il faut se préoccuper de refroidir celle-ci; c'est pourquoi, comme l'eau ne manquait pas dans le cas présent, on a introduit dans le haut de la cuve un serpentin parcouru par un courant d'eau froide. Ce serpentin est supporté par des attaches vissées à la cuve du transformateur et est plongé entièrement dans l'huile. Celle-ci, après s'être échauffée au contact des bobines, monte à la partie supérieure de la cuve, où elle abandonne sa chaleur au serpentin à eau froide, pour redescendre ensuite vers le fond de la cuve. Tant que le transformateur fonctionne, par suite des différences de densité, l'huile est naturellement animée d'un mouvement circulaire continu. Les dimensions extérieures de la cuve, qui contient 5000^{kg} d'huile, sont $2^{m},60$ de longueur sur $1^{m},20$ de largeur et $3^{m},99$ de hauteur du sol à l'extrémité des bornes. Les parois latérales sont en tôle rivée et le raccord de ces parois avec le socle en fonte est établi de manière à assurer l'étanchéité parfaite du joint malgré les variations de température auxquelles l'appareil est soumis.

Pour chaque phase, le bobinage primaire est constitué par une simple couche de spires d'un étroit ruban de cuivre isolé et enroulé autour d'un tube isolant qui

entoure le noyau. Les extrémités de l'enroulement sont solidement fixées par un procédé destiné à empêcher le desserrage sans compromettre en rien l'isolement.

Par-dessus le primaire, sont chaussés successivement deux tubes isolants, et ensuite, le bobinage secondaire. La composition isolante employée à la confection de

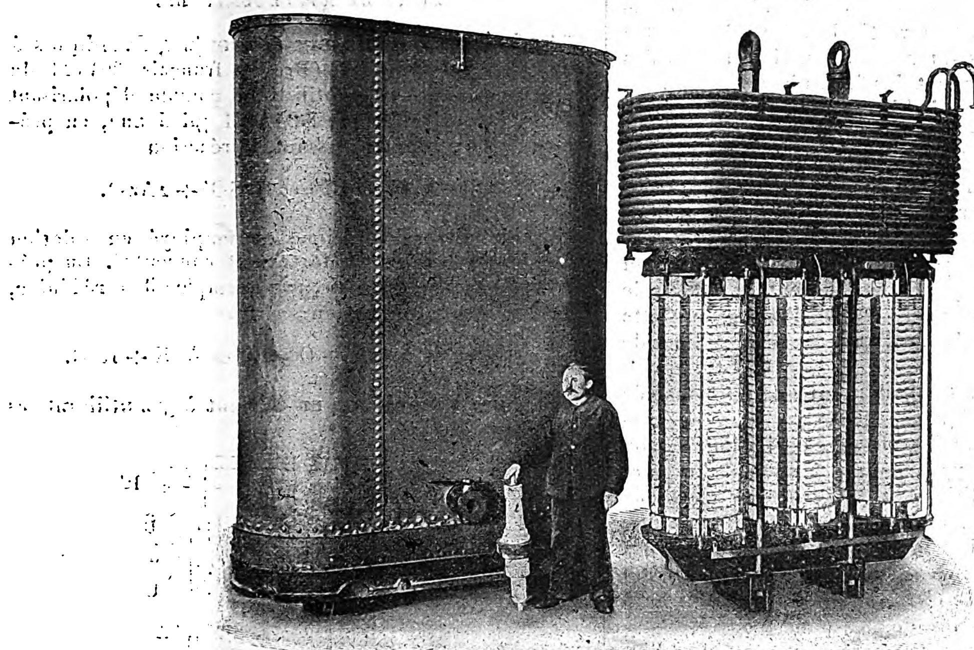


Fig. 1. — Transformateur triphasé de 3750 kilovolts-ampères, 5000/50000 volts, des Felten und Guilleaume-Lahmeyerwerke dans l'usine électrique de Tronto (Gênes)

ces tubes a l'aspect du bois; son pouvoir isolant est très élevé, elle peut supporter 1000 volts pour une épaisseur de 2^{mm}. L'enroulement secondaire est formé pour chaque phase de 30 bobines plates dont quatre d'épaisseur

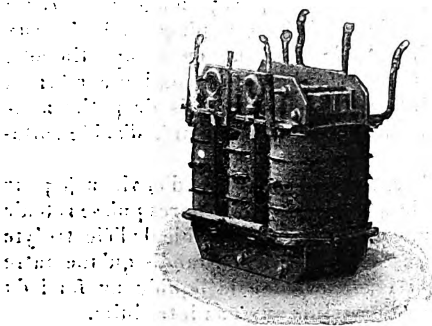


Fig. 2. — Transformateur diphasé de 15 kilowatts 5000/110 volts.

moindre que les autres. Afin de gagner de la place, ces bobines sont établies au moyen de fil isolé à section carrée, mais elles présentent la propriété remarquable de ne comporter aucun croisement de fil même au passage d'une couche à la suivante. Toutes les spires se superposant exactement, elles peuvent donc être pressées sans qu'on ait à craindre de détériorer l'isolant comme avec les bobines ordinaires. Ce résultat est obtenu au moyen d'une nouvelle bobineuse qui enroule la bobine à partir du milieu de celle-ci.

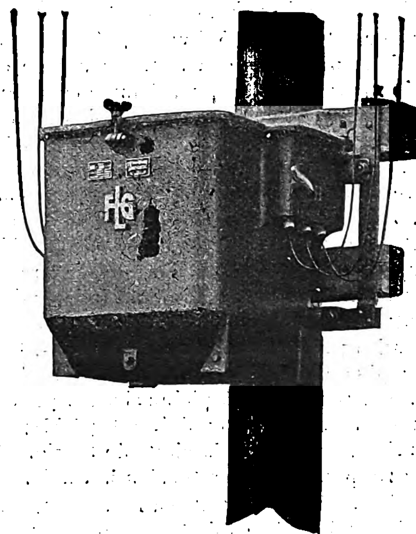


Fig. 3. — Le même monté sur poteau.

Les bobines sont entourées de place en place de ruban isolant et sont baignées par l'huile sur toutes les faces.

On n'a rien négligé, du reste, pour faciliter la circulation de l'huile. C'est ainsi que, pour lui livrer passage, on a découpé des fenêtres à la partie inférieure et à la partie supérieure des tubes isolants dont on a parlé plus haut et que ces tubes sont tenus écartés des enroulements par des baguettes verticales. De même, entre les bobines partielles du secondaire, il y a des cales d'écartement qui ménagent des fentes horizontales.

En haut et en bas, le bobinage secondaire est isolé du transformateur au moyen de blocs de porcelaine attachés à des cercles isolants entourant le noyau.

Les extrémités de l'enroulement parviennent à des isolateurs tubulaires en porcelaine (voir *fig.* 1) qui ont été essayés sous une tension de 70000 volts.

Des tiges, terminées par des anneaux de suspension et traversant tout l'appareil, permettent de retirer le transformateur de la cuve à l'aide d'une grue. Cette cuve est munie d'un niveau d'huile et d'un robinet de vidange.

Le transformateur est calculé pour une puissance de 3750 kv-A et une fréquence de 50 périodes par seconde. Avec un facteur de puissance égal à l'unité, son rendement est de 98,77 pour 100 à pleine charge et dans les mêmes conditions, on observe une chute de tension de 0,56 pour 100; la chute de tension garantie était 0,6 pour 100. Les pertes dans le fer s'élèvent à 23 kw. Avec 25 pour 100 de surcharge, le rendement est le même qu'à pleine charge, soit 98,77 pour 100; à demi-charge, il est encore de 98,4 pour 100.

Il y a lieu de remarquer encore que, tout en restant dans les limites raisonnables, les jambes des noyaux sont assez allongées de manière à obtenir une surface de refroidissement largement suffisante.

Cette forme plus allongée est, abstraction faite des dimensions, ce qui distingue à première vue les transformateurs de grande puissance des appareils plus faibles, parce que, dans ces derniers, il est plus facile d'assurer la surface de refroidissement nécessaire.

Le transformateur de 15 kw, représenté sur la figure 2, a donc un noyau court et, à cause de cela, sa construction paraît plus trapue. Comme celui du grand transformateur, et peut-être avec un plus grand bénéfice encore, ce noyau est établi au moyen de tôles spéciales pour transformateurs. Le bobinage à basse tension de 110 volts aux bornes est chaussé le premier sur le noyau. Par-dessus le secondaire, vient ensuite l'enroulement à haute tension, composé de 4 bobines de fil fin, superposées et isolées l'une de l'autre par des couronnes de carton comprimé isolant. Indépendamment de ses autres avantages, cette division du bobinage facilite aussi les réparations en cas d'avaries. Ce transformateur pèse 205^{kg}, il réduit la tension de 5000 à 110 volts. Son rendement à pleine charge, pour un facteur de puissance égal à l'unité, est 96,55 pour 100. Dans les mêmes conditions la chute de tension n'atteint guère que 1,9 pour 100 de la tension normale.

Il est enfermé dans une boîte en fonte contenant 120^{kg} d'huile qui contribue à la fois à l'isolement et à la réfrigération de l'appareil. La boîte en fonte, munie de son couvercle, est pratiquement étanche, elle est spécialement étudiée pour être aisément montée sur poteaux à l'air libre (*fig.* 3). Le transformateur est muni d'anneaux de suspension qui permettent de le retirer de sa boîte sans difficultés.

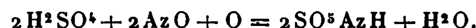
PILES ET ACCUMULATEURS.

Perfectionnements aux éléments galvaniques à gaz. E.-W. JUNGNER (Brevet français 394128 du 11 mars 1908). — On utilise ici comme dépolarisant l'acide nitrosylsulfurique SO^5AzH qui donne, en présence de l'hydrogène naissant, la réaction



$$2SO^5AzH + 2H = 2H^2SO^4 + 2AzO.$$

L'acide nitrosylsulfurique est employé en solution dans l'acide sulfurique fortement concentré. En présence d'oxygène (de l'air, par exemple) il se régénère, car il se forme la réaction



$$2H^2SO^4 + 2AzO + O = 2SO^5AzH + H^2O.$$

La figure 1 représente un élément à gaz utilisant ces réactions.

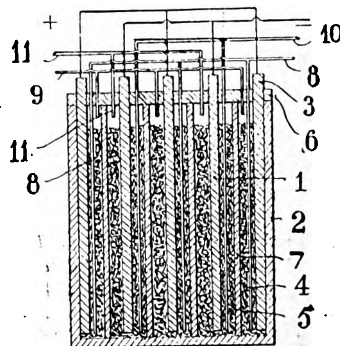


Fig. 1.

Dans un récipient rectangulaire 2 en poterie, par exemple, on introduit des plaques 7 en matière poreuse telle que de l'argile calcinée. Ces plaques, lutées aux parois du récipient, le divisent en compartiments. Chaque compartiment renferme un conducteur 3,1 en graphite. Les intervalles sont remplis de petits morceaux 4,5 de charbon conducteur saturés d'acide sulfurique.

La porosité du charbon employé est d'environ 40 pour 100; elle est telle qu'une partie des pores puisse retenir par capillarité une quantité considérable de l'électrolyte dont ces charbons sont imprégnés, tandis qu'une autre partie des pores laisse écouler le liquide au fond du récipient et reste accessible aux gaz introduits.

Le couvercle 6 sépare les divers compartiments l'un de l'autre et de l'air extérieur. Dans chaque compartiment plongent deux tubes en verre 8 et 9, 10 et 11 dont l'un débouche à la partie inférieure et l'autre au-dessus de la couche de charbon. Le courant de gaz entrant par 8 traverse la colonne de charbon et s'échappe par 9. De même, un autre courant gazeux entrant par 10 s'échappe par 11 après avoir traversé la couche de charbon correspondante.

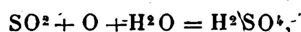
En faisant arriver par 8 un gaz oxydant (de l'air, par

exemple) et par 10 un gaz réducteur (hydrogène, par exemple), on obtient un courant dans le circuit extérieur.

On emploie l'acide sulfurique fortement concentré (plus de 65 pour 100 de H^2SO^4), et dans l'acide imprégnant les morceaux de charbon soumis au courant d'air est dissoute une petite quantité d'acide nitrosylsulfurique. Il s'ensuit une absorption chimique et une ionisation automatique de l'oxygène de l'air. L'acide nitrosylsulfurique joue, dans ce cas, le même rôle que l'hémoglobine du sang.

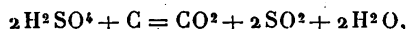
Au lieu d'hydrogène, on peut employer d'autres gaz réducteurs : oxyde de carbone, gaz d'éclairage, acétylène, etc.

Mais il est très intéressant d'employer l'acide sulfureux. Dans ce cas, en effet, pendant le fonctionnement, il se produit la réaction



$$SO^2 + O + H^2O = H^2SO^4,$$

et de l'acide sulfurique produit on peut régénérer l'acide sulfureux en le chauffant avec du charbon; d'après la réaction



$$2H^2SO^4 + C = CO^2 + 2SO^2 + 2H^2O,$$

de sorte que, finalement, c'est l'énergie du carbone qu'on transforme directement en énergie électrique.

La figure 2 représente une batterie d'éléments utilisant l'acide sulfureux et l'acide nitrosylsulfurique.

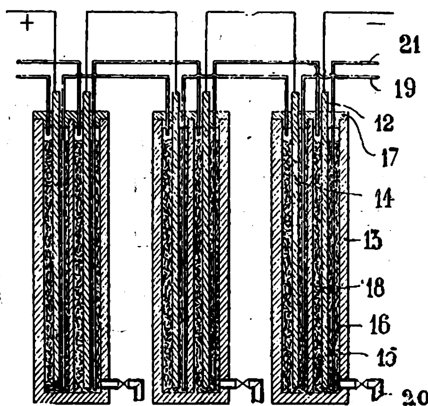


Fig. 2.

Un vase 13 en poterie, par exemple, est divisé en deux compartiments séparés l'un de l'autre par une plaque poreuse 18 en argile calcinée, lutée aux parois du vase au moyen d'un mastic approprié (huile de lin et minium).

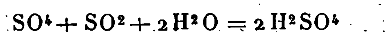
Dans chaque compartiment, on introduit une plaque 12 et 14 en charbon, graphite ou métal inattaquable.

Autour de la plaque positive 14 est entassé le graphite poreux imprégné d'une solution d'acide nitrosylsulfurique dans l'acide sulfurique très concentré. La plaque négative 12 est entourée de charbon conducteur et poreux imprégné seulement d'acide sulfurique très concentré. La cloison séparatrice est également imprégnée d'acide sulfurique.

Le couvercle 17 ferme hermétiquement l'élément. Par le tube 19 on fait arriver un courant d'air dans le compartiment positif. Le tube 21 amène l'acide sulfureux dans le compartiment négatif.

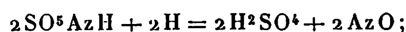
Le circuit extérieur étant fermé, il se produit les réactions suivantes :

Au pôle négatif où va l'ion SO^4,



$$SO^4 + SO^2 + 2H^2O = 2H^2SO^4$$

et au pôle positif où va l'ion H,



$$2SO^5AzH + 2H = 2H^2SO^4 + 2AzO;$$

après quoi, en présence de l'oxygène de l'air, il se produit immédiatement



$$2H^2SO^4 + 2AzO + O = 2SO^5AzH + H^2O$$

et l'acide nitrosylsulfurique, qui constitue ici le dépolarisant, est régénéré.

L'acide sulfurique formé dans le compartiment négatif coule au fond du réservoir, d'où il peut être évacué graduellement au moyen du robinet 20, puis traité par chauffage avec un réducteur tel que le charbon pour redonner l'acide sulfureux.

Par suite de la diffusion, l'acide sulfurique entraînera un peu d'acide nitrosylsulfurique. Celui-ci sera réduit par le charbon en oxyde azotique qui peut être recueilli dans une solution de sulfate de fer. En chauffant cette solution et en y faisant passer le courant d'air à introduire dans la pile, cet oxyde azotique sera entraîné et régénérera l'acide nitrosylsulfurique dans le compartiment positif.

L'acide carbonique qui accompagne l'acide sulfureux est recueilli graduellement dans la dernière cellule d'où on l'enlève de temps en temps.

La combinaison de l'acide nitrosylsulfurique et de l'acide sulfurique étant d'autant plus forte que ce dernier acide est plus concentré, la force électromotrice du couple est d'autant plus élevée que l'acide sulfurique est plus étendu. Ainsi, avec l'acide sulfurique à 60 pour 100, la force électromotrice est de 0,5 volt. Elle n'est plus que 0,3 volt avec l'acide à 90 pour 100. D'un autre côté, un acide concentré est capable de se combiner avec une plus grande quantité d'acide nitrosylsulfurique qu'un acide faible. Aussi, pratiquement, convient-il d'adopter la concentration 70 pour 100 d'acide sulfurique.

Comme la réaction ci-dessus indiquée absorbe de l'eau, il faut, pour maintenir la concentration, ajouter de temps en temps de l'eau dans le compartiment négatif.

L. J.

TRACTION ET LOCOMOTION.

CHEMINS DE FER ET TRAMWAYS.

Traction électrique à courant continu à intensité constante, par J. BOURDEL. — Dans la mise en pages du numéro du 15 septembre où a été publiée une analyse de cet article, une confusion de clichés a fait mettre en figure 5 (p. 135) un cliché autre que celui qui convenait. Fort heureusement, du reste, le texte où il était question de cette figure, suffisamment explicative par elle-même, ne comprenait que quelques lignes, de sorte que cette confusion n'empêchait nullement la compréhension du reste de l'article. Nous croyons toutefois utile de donner ci-joint le cliché exact.

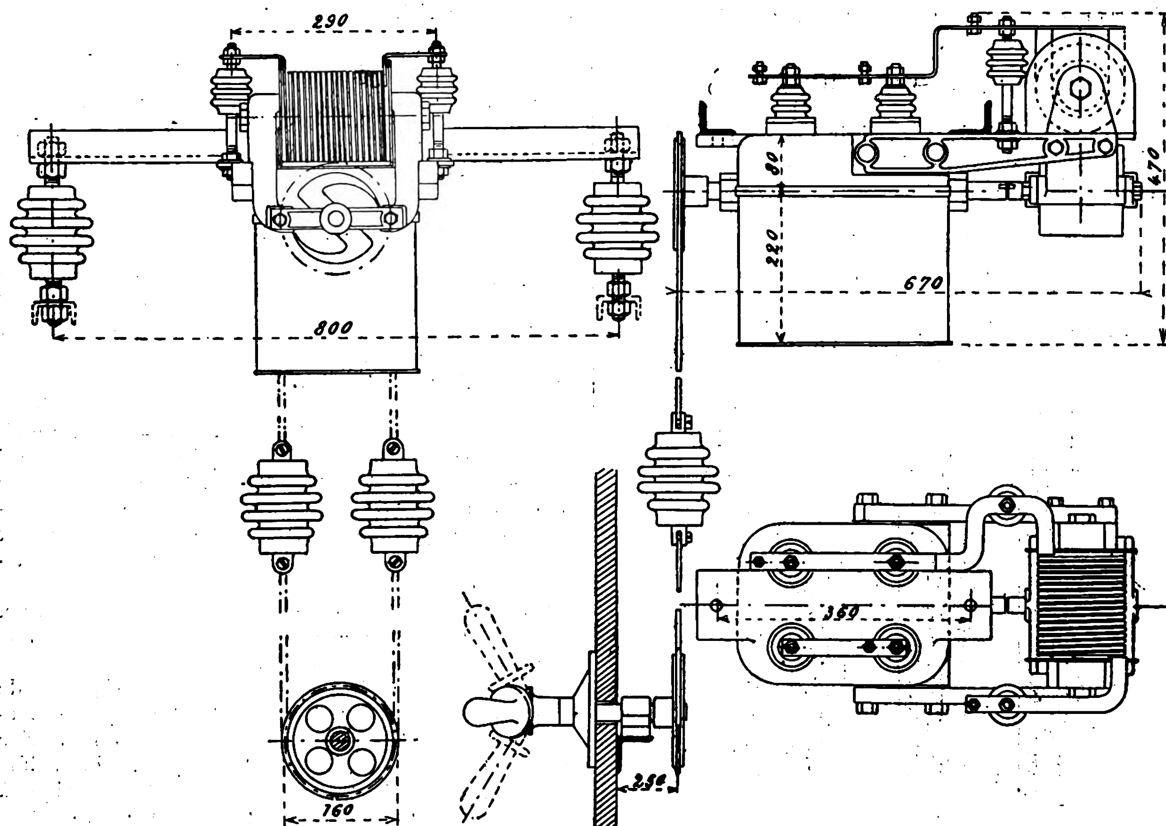


Fig. 5. — Interrupteur automatique pour 150 ampères, 10000 volts entre fils, 30000 volts avec la terre.

Profitons de cette rectification pour en faire une autre que nous signale l'auteur de l'article. Dans la figure 2 (p. 183) l'interrupteur ou court-circuiteur c_2 a été figuré *fermé*, alors qu'en réalité il devrait être figuré *ouvert*, comme d'ailleurs il est dit très nettement dans le texte.

Accouplement automatique Scharfenberg pour voitures de chemins de fer et tramways. — Cet accouplement, que décrit le *Génie civil* du 16 octobre d'après les *Annalen für Gewerbe*, se compose : d'une boîte guide A (*fig.* 1 à 3) munie d'une sorte de pyramide saillante *a* et d'une pyramide rentrante semblable; d'un demi-disque B mobile autour de son centre, muni d'une échancrure *e* faisant fonction de crochet d'attelage, et sollicité par un fort ressort *r*; d'une boucle d'attelage C guidée par la pyramide saillante et articulée au disque B.

Les figures indiquent clairement le fonctionnement de l'attelage. Dans la figure 1 les accouplements de deux voitures sont simplement en contact. En rapprochant les voitures, les boucles C viennent buter contre les fonds des pyramides creuses et font tourner les

disques B jusqu'à ce que les échancrures *e* de ceux-ci se trouvent en face des boucles, comme le représente la

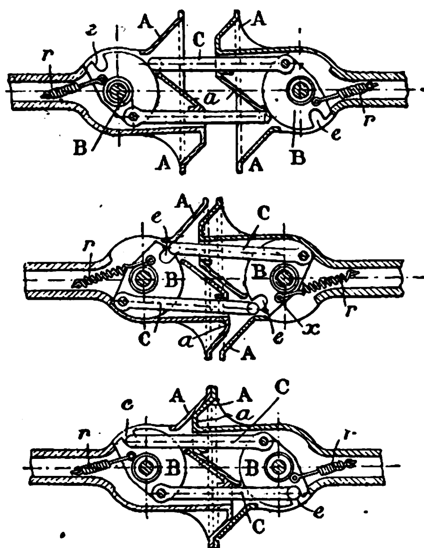


figure 2. Les boucles venant se loger dans les échancrures, les disques prennent brusquement la position indiquée par la figure 3 et l'attelage se trouve réalisé. Pour séparer les voitures il faut ramener les disques dans la position de la figure 2; pour cela on agit sur une manivelle calée sur l'axe de chacun des disques.

DIVERS.

La fabrication moderne des trains de roues

(*Revue industrielle*, 40e année, 2 octobre 1909, p. 393). — La fabrication des roues de chemins de fer et de tramways constitue aujourd'hui une industrie des plus importantes : la production annuelle atteint 90 000 trains de roues, d'une valeur d'environ 31 millions, utilisant 100 000t de matières premières.

D'autre part, les prescriptions rigoureuses imposées par les compagnies au sujet de la qualité de la matière et de la perfection du travail ont forcé les producteurs à n'employer que des installations tout à fait modernes.

Parmi les réformes apportées à l'ancien matériel de fabrication, l'article signale tout spécialement la substitution aux anciens marteaux à vapeur dont on se servait généralement pour le forgeage des essieux, des bandages et des centres de roues, de presses « hydrauliques à vapeur ». Le trait caractéristique de ces presses consiste en ce que l'eau employée pour donner la pression dans la presse est refoulée par un compresseur à vapeur de construction spéciale, tandis que dans les presses purement hydrauliques l'eau est fournie par un accumulateur. Ce compresseur se compose d'un cylindre à vapeur en acier moulé et d'un cylindre hydraulique en acier forgé disposés verticalement de manière que leurs axes soient en prolongement. Le piston à vapeur est relié par une tige au piston hydraulique, et, comme la vapeur n'agit que sur la face inférieure du piston à vapeur, la tige de liaison travaille toujours à l'extension. Le compresseur étant indépendant de la presse, il peut être placé à une distance quelconque de celle-ci; mais il y a évidemment intérêt à supprimer les longues conduites et les pertes de charge qu'elles entraînent. Les presses hydrauliques à vapeur présentent divers avantages : d'une part leur installation ne nécessite aucune autorisation administrative parce qu'elles ne font aucun bruit gênant pour le voisinage; d'autre part, elles n'exigent que des fondations relativement petites et bien plus simples qu'un marteau-pilon; enfin elles travaillent plus économiquement et donnent un pétrissage bien plus efficace de la matière à forger.

Un second perfectionnement apporté dans le travail des trains de roues est l'emploi de l'acier rapide qui a permis l'utilisation de machines de finissage et de calibrage à rendement plus grand. En outre, ces machines, beaucoup plus robustes que les anciennes, n'ont que peu de trépidations et donnent un calibrage suffisamment parfait pour que toutes les pièces composant un train de roues soient rigoureusement interchangeables : il en résulte qu'on n'est plus obligé comme autrefois de rechercher le bandage et l'essieu qui s'ajustent le mieux à une roue, d'où gain considérable dans le temps de fabrication.

La fabrication d'un train de roues comprend diverses opérations : fabrication des essieux, fabrication des roues, fabrication des bandages, fabrication des cercles de fixation, montage du train de roues, finissage de ce train. Dans l'article qui nous occupe, les deux premières de ces opérations seules sont considérées.

Fabrication des essieux. — On commence par ébaucher des lingots de forme appropriée dans une presse de 600t, après les avoir chauffés au four; on finit leur forgeage, pendant la même chaude, avec une presse de 300t. Les essieux passent alors dans l'atelier de finissage, où un premier tour fait l'ébauchage des fusées de roulement et des fusées de sécurité; un second tour amorce le point axial de l'essieu; un troisième fait l'ébauchage de la partie médiane; un quatrième effectue le finissage des pièces; enfin une machine à rectifier donne aux fusées et aux sièges de roues leurs dimensions exactes à $\frac{1}{100}$ de millimètre.

Fabrication des bandages. — Un lingot d'acier, cylindrique, d'un poids rigoureusement déterminé, est aplati et troué dans une presse de 1200t; une presse de 600t sert ensuite à leur donner la forme d'un anneau ayant le diamètre approximatif du bandage. Cette pièce annulaire est alors réchauffée dans un four, puis passée au laminoir. Lorsque le bandage a acquis le diamètre voulu, il est porté dans une presse à centrer, puis dans une seconde presse servant à y marquer les indications de provenance. Un tour spécial termine l'usinage du bandage; avec ce tour toutes les opérations, alésage et mortaisage, se font automatiquement.

ÉLECTROCHIMIE ET ÉLECTROMÉTALLURGIE.

ÉLECTROLYSE.

L'électrométallurgie par voie humide, de décembre 1907 à avril 1909. Rapport d'ensemble, par BERNARD NEUMANN (*Zeitschrift für Elektrochemie,* t. XV, 1er juillet 1909, p. 450). — L'auteur passe en revue les progrès réalisés dans chaque application.

CUIVRE. — Le raffinage électrolytique du cuivre reste toujours l'application la plus importante de l'électrolyse des solutions métalliques. Son introduction dans la technique date de 1869. James Elkington installait alors à Pembrey (Nouvelle-Galles du Sud) une usine produisant par jour 750^{kg} de cuivre raffiné, soit une production annuelle de 250^t.

Cette industrie s'est tellement développée pendant ces 40 dernières années qu'actuellement une raffinerie américaine est capable de produire en un jour plus de cuivre (350^t) que n'en produisait l'usine ci-dessus indiquée en un an. En 1880, les installations les plus importantes étaient celles de Bolton-Staffordshire et de la Norddeutsche Affinerie de Hambourg. C'est en 1883 que Balbach introduisit le raffinage électrolytique du cuivre aux États-Unis, à Newark, puis à Baltimore, et en 1890 on y raffinait déjà 30000^t de cuivre.

On estime aujourd'hui à 400000^t la production annuelle mondiale de cuivre raffiné électrolytique, ce qui correspond à plus de la moitié de la production en cuivre brut.

Le nombre total d'installations est de 36 à 40. Kershaw (¹) en donne le détail comme suit :

	Nombre d'installations.	Production en pour 100.
États-Unis et Canada	11	86,5
Angleterre	6	8,8
Allemagne	9	4,7
France	4	
Russie	2	
Autriche-Hongrie	2	
Japon	2	

En outre, on construit actuellement deux usines en Russie et une en Australie.

James Douglas (²) a donné dans le Tableau suivant la capacité de production et la production des raffineries américaines au début de 1908.

	Capacité de production en livres.	Production en livres.
Nichols Copper Co., Laurel Hill, N.-Y.	288000000	222516000
Raritan-Werke, Perth Amboy, N.-Y.	288000000	222516000
American Sm. and Ref. Co., Perth Amboy, N.-Y.	144000000	111168000
U. S. Metals Ref. Co., Chrome, N.-Y.	144000000	111168000
Baltimore, Baltimore, Mo	130000000	100360000
Balbach Sm. and Ref. Co., Newark, N.-Y.	75000000	57900000
Boston and Montana Copper Co., Great Falls, Mont.	30000000	23160000
Tacoma Smelting Co., Tacoma, Wash.	18000000	13896000
Mountain Copper Co., Oakland Kal.	3000000	2316000

(¹) *The Electrician,* t. LXI, 1908, p. 282.
(²) *Eng. Magazine*, octobre 1907, p. 8.

Easter Crooks (¹) a publié une description détaillée des grandes installations de Raritan-Copper-Works. Dans les nouveaux ateliers d'électrolyse se trouvent 1188 bains (les anciens en ont 1600). Chaque bain renferme 24 anodes de $710^{mm} \times 915^{mm}$ et 25 cathodes de $760^{mm} \times 940^{mm}$. La surface cathodique d'un bain est de 34^{m^2}. L'intensité de courant est de 7500 ampères correspondant à une densité de courant de 200 ampères par mètre carré. Les anodes restent 28 jours; les cathodes, seulement 14 jours dans les bains. Le résidu des anodes atteint 13 pour 100 du cuivre travaillé. Pour la coulée des anodes, on utilise un cadre rotatif sur lequel les moules en fonte sont montés.

Klepinger (²) a décrit un nouveau modèle d'une machine à couler les anodes en exploitation depuis quelques années aux usines de Great Falls de la Boston and Montana Copper Co. Cette machine permet de couler 300^t en 24 heures.

Dans différentes raffineries anglaises, on emploie le procédé Dophin (³) pour l'agitation de l'électrolyte. Celui-ci arrivant automatiquement entraîne l'air qui assure l'agitation et la purification du bain.

De gros perfectionnements ont été également apportés aux usines de Mansfeld. Ici l'introduction de la méthode par convertisseur était particulièrement difficile, parce qu'on ne pouvait pas envoyer les gaz sortant du convertisseur dans l'atmosphère. On a réussi à surmonter cette difficulté par l'emploi de chambres de plomb. On a reconnu aussi que les craintes qu'on éprouvait de voir perdre de grandes quantités d'argent, par le soufflage des mattes argentifères et zincifères pour cuivre noir, n'étaient pas fondées. Les pertes (4,5 à 6,5 pour 100 d'argent et 3,5 à 5 pour 100 de cuivre) ne sont pas plus grandes que par l'ancien procédé. Des recherches faites au Laboratoire métallurgique d'Aix-la-Chapelle et qui ont abouti au brevet allemand 160046 de Borchers, Günther et Franke ont montré qu'il ne fallait pas alors convertir la matte de cuivre en cuivre noir, mais en une matte très concentrée, ce qui abaissait à 1,8 pour 100 la perte en argent et à 0,98 pour 100 celle en cuivre.

(¹) *Electrotech. and met. Ind.*, 1908, p. 223, 245; *Metallurgie*, 1908, p. 549.
(²) *Eng. and Min. Journ.*, t. LXXXV, 1908, p. 903; *Metallurgie*, 1908, p. 369.
(³) Brevet anglais 12442 de 1901.

D'après le même brevet, la matte renfermant 72 à 76 pour 100 de cuivre et coulée en anodes est électrolysée en solution acide de sulfate de cuivre. Comme les essais en grand l'ont montré, on obtient un cuivre électrolytique très fin. L'argent et le soufre se retrouvent entièrement dans les boues anodiques d'où on les extrait.

Cowper-Coles (1) a fait quelques communications sur l'obtention directe des tubes, tôles, fils de cuivre par électrolyse, d'après les procédés de Wilde, Elmore, Dumoulin et le procédé centrifuge de Cowper-Coles. Harrison et Day (2) produisent les tubes de cuivre électrolytique en comprimant sous forte pression l'électrolyte contre les cathodes.

Reinartz a cherché à utiliser dans l'électrolyse des solutions de sulfate de cuivre l'acide sulfureux provenant du grillage. Le soufflage de l'acide sulfureux pendant l'électrolyse avec anodes insolubles n'est pas nouveau. Si l'on prend une solution de sulfate de cuivre provenant des minerais, celle-ci renferme du sulfate ferreux. Pendant l'électrolyse, celui-ci s'oxyde en sulfate ferrique qui dissout le cuivre séparé à la cathode. L'acide sulfureux empêche l'oxydation du sulfate ferreux en se transformant en acide sulfurique et agit ainsi très favorablement dans le cas des solutions impures. On peut obtenir alors le décuivrage des solutions avec un rendement presque théorique sans faire usage de diaphragmes (3). Siemens et Halske (4) ont proposé d'utiliser l'acide sulfureux pour obtenir le cuivre électrolytique en partant des minerais oxydés. Comme anode, on prend le minerai de cuivre; l'électrolyte est une solution provenant de la lixiviation du minerai. On souffle de l'acide sulfureux pour obtenir à la cathode du cuivre pur.

Pour extraire le cuivre des déchets de bronze, on soumet en général ceux-ci à l'électrolyse en présence d'une solution presque saturée en cuivre et renfermant un peu d'acide sulfurique libre. Mais la composition du bain varie très rapidement par suite des autres métaux entrant dans la composition du bronze; la teneur en cuivre diminue rapidement et le dépôt de cuivre devient mauvais. Pour éviter cet inconvénient, Thirot et Mage (5) ont breveté un procédé qui consiste à maintenir constante la teneur en acide par des additions d'acide sulfurique et à maintenir également constante la teneur en cuivre en suspendant dans les bains des caisses renfermant des déchets de bronze oxydés.

Nickel. — La séparation électrolytique du nickel a été étudiée d'une façon détaillée dans un travail publié par Ed. Kern et F.-G. Fabian (6).

Pour le nickelage, on emploie le plus souvent comme électrolyte le sulfate double de nickel et d'ammoniaque en solution neutre ou avec addition d'acides faibles (borique, phosphorique, benzoïque, acétique, citrique, tartrique) ou de leurs sels alcalins. Un excès d'acide occasionne un dégagement gazeux à la cathode et un dépôt de nickel spongieux. Les solutions de phosphate double de nickel et d'ammoniaque sont rarement employées; celles de cyanure de nickel ou de chlorure de nickel ne le sont qu'exceptionnellement. Les dépôts résultant de l'électrolyse du sulfate double de nickel et d'ammoniaque sont plus durs, plus unis et plus solides que ceux provenant des solutions de chlorure. Si l'on ajoute 5g à 10g de chlorure de sodium par 100cm³ de bain de sulfate double, on abaisse la force électromotrice, le dépôt devient plus adhérent et plus dense, et l'anode se dissout plus uniformément. Lorsque l'électrolyte ne renferme pas un peu de chlorure, les anodes en nickel pur sont plus lentement attaquées que celles qui renferment des impuretés (fer, cuivre, étain). D'un autre côté, les anodes coulées exigent une tension moindre et se dissolvent plus rapidement et plus régulièrement que les anodes laminées. Pour l'extraction du nickel des mattes ou alliages cuivre-nickel, on n'utilise comme électrolyte que les solutions étendues d'acide sulfurique ou d'acide chlorhydrique. Le cuivre est d'abord déposé par électrolyse jusqu'à une teneur de 1 pour 100 environ. Le reste du cuivre est précipité par cémentation ou encore par l'hydrogène sulfuré. La solution de nickel, filtrée et rendue alcaline, est ensuite électrolysée en présence d'anodes en plomb si l'électrolyte est du sulfate, ou en graphite si l'électrolyte est du chlorure. Le raffinage du nickel doit être fait en solution de cyanure double de nickel et de potassium ou en solution neutre de chlorure double de nickel et de sodium. Les solutions de sulfate ne doivent pas être employées, parce qu'il se sépare du soufre avec le métal à la cathode.

En ce qui concerne la nature des dépôts de nickel, on peut dire que les dépôts mal adhérents sont occasionnés par un électrolyte trop acide, une température trop basse et une surface cathodique impure. Les dépôts pulvérulents sont dus à une densité de courant trop élevée, une trop haute tension et un électrolyte trop acide. Les meilleures conditions pour obtenir un bon dépôt sont les suivantes : électrolyte faiblement acide (pour éviter la formation de sels basiques), pureté de l'électrolyte et absence de gaz dans celui-ci, température du bain 40° à 65° C., agitation, densité de courant uniforme, cathodes pures, électrolyte concentré. La tendance du dépôt à se rouler augmente avec la densité de courant. La présence d'acide nitrique empêche la formation de dépôts solides.

Comme, d'après Kern et Fabian, la conductibilité varie directement avec la quantité de sel dissous et que les bains les plus concentrés donnent les meilleurs résultats, ces auteurs ont recherché d'abord la solubilité des différents sels de nickel. Leurs essais ont porté sur les solutions de dithionate, fluosilicate, sulfate et chlorure. Le dithionate est à éliminer, parce qu'il se décompose avec séparation de soufre et qu'il exige une très haute tension. Les conditions des essais étaient les suivantes : l'électrolyte renfermait invariablement 8 pour 100 de nickel, les additions étaient différentes. Comme anode on prenait du nickel brut coulé renfermant 92 pour 100 de nickel et 5 pour 100 de fer. Le Tableau suivant résume les résultats obtenus :

(1) *Electroch. and metall. Ind.*, 1908, p. 412.
(2) Brevet américain 858341; *Metallurgie*, 1908, p. 40.
(3) *Metallurgie*, 1908, p. 203.
(4) Brevet allemand 199258.
(5) Brevet allemand 189875.
(6) *School of Mines Quart.*, juillet 1908; *Electroch. and metall. Ind.*, 1908, p. 365.

Additions.	Température en degrés C.	Densité de courant en ampères par dm².	Durée en minutes.	$NiCl^2$.		$NiSO^4$.		$NiSiF^6$.	
				Tension en volt.	Rendement en quantité en pour 100.	Tension en volts.	Rendement en quantité en pour 100.	Tension en volt.	Rendement en quantité en pour 100.
$\frac{1}{10}$ d'équivalent en poids d'acide libre...........	20	1	255	0,73	62,6	0,91	1,50	0,82	2,20
	40	1	255	0,52	79,0	0,78	1,60	0,83	4,90
	60	1	255	0,35	71,0	0,51	1,50	0,61	4,80
$\frac{1}{20}$ à $\frac{1}{25}$ d'équivalent en poids d'acide libre.....	20	1,2	180	0,86	67,2	0,97	0,0	1,02	7,8
	40	1,2	180	0,53	75,7	0,79	0,7	0,90	7,1
	60	1,2	180	0,44	80,7	0,61	2,8	0,82	8,5
Neutre.................	20	1	255	0,78	96,6	1,50	106,2	1,05	92,1
	40	1	255	0,59	99,4	1,35	106,9	0,94	92,4
	60	1	255	0,44	99,2	0,88	101,1	0,73	89,8
	20	2	480	1,06	91,2	3,45		1,45	96,8
	40	2	480	0,73	94,7	2,30		1,21	100,0
	60	2	480	0,64	88.3	1,40		1,01	90,3
$\frac{1}{2}$ équivalent en poids de sel de sodium.........	20	2	180	1,02	90,2	3,12	10,2		
	60	2	180	0,58	99,7	0,96	99,8		

Les premiers essais avec addition de $\frac{1}{2}$ équivalent d'acide ne donnaient que des rendements de 1 à 3 pour 100. L'addition d'acide diminue dans tous les cas le rendement. Les solutions neutres de chlorure et de fluosilicate donnent des résultats très satisfaisants. Il n'en est pas de même de celles de sulfate, à cause des troubles apportés par la formation de sels basiques. La meilleure température est 50° C. Les solutions de fluosilicate déposent un peu de silice.

Pour extraire le métal des solutions impures de nickel, N. Pring (¹) procède comme suit : La solution impure de sulfate est traitée par un peu de sulfure de nickel ou de sodium, afin de précipiter le cuivre, l'arsenic, l'antimoine, le bismuth et le plomb. Après filtration, le liquide est traité par un excès de sulfure alcalin qui précipite alors le nickel, le cobalt, le manganèse, le fer et le zinc. Sans la filtrer, on agite bien cette solution, on la neutralise et on l'additionne d'un excès d'acide chlorhydrique. Après quelque temps, tous les sulfures sont redissous, sauf ceux de nickel et de cobalt. Ces sulfures sont introduits dans le compartiment anodique d'un élément à diaphragme rempli d'une solution de chlorure de nickel. Les sulfures étant maintenus en suspension, on électrolyse en présence de cathodes en nickel et d'anodes en graphite. Le chlore séparé à l'anode agit sur le sulfure en séparant du soufre qui peut être recueilli et en dissolvant le nickel. Le dégagement de chlore libre est alors insignifiant.

Au lac Temiskaming (Ontario), on a découvert, il y a quelques années, une mine très riche de cobalt. L'exploitation de cette mine d'arséniure de cobalt et de nickel extraordinairement riche en argent a pris un grand développement. En 1907, on a extrait pour 30 millions d'argent et pour 5 millions de cobalt (²).

Cependant le traitement de ce minerai paraît présenter encore quelques difficultés. Armströng (¹) propose le traitement suivant dans lequel intervient l'électrolyse. On grille la plus grande partie de l'arsenic, on fond pour obtenir une matte de nickel et on bessemérise celle-ci de façon à éliminer la plus grande partie du fer.

La matte finement pulvérisée est alors grillée avec du salpêtre, puis réduite par le charbon, et le métal brut est coulé en anodes. Celles-ci sont électrolysées dans une solution d'acide sulfurique ou chlorhydrique qui s'enrichit en fer, cobalt et nickel, tandis que les métaux nobles passent dans les boues anodiques. Pour séparer le fer de la solution, on y dissout du chlorure de sodium, on la porte dans le compartiment anodique d'un élément muni d'un diaphragme en amiante et l'on électrolyse en présence d'anodes insolubles. Le fer passe à l'état de sel ferrique et est précipité en même temps que l'arsenic à l'aide d'un lait de chaux. Le liquide filtré est introduit à nouveau dans le compartiment anodique, où le cobalt seul se sépare à l'état d'oxyde.

Après quelque temps, on peut encore précipiter ensemble à l'état d'hydroxydes le nickel et le cobalt par la soude formée dans le compartiment anodique ou le cobalt par la soude formée dans le compartiment cathodique. La séparation du cobalt et du nickel se fait toujours en pratique par la voie humide, le cobalt étant transformé dans son degré d'oxydation supérieur. Tandis que cette oxydation est obtenue par électrolyse, c'est-à-dire par le chlore naissant, dans le procédé Armströng, on la produit en général par le chlore gazeux.

D'après W. Köhler (²) on traite comme suit le minerai de cobalt de la Nouvelle-Calédonie dans les usines Malétra de Rouen. Ce minerai renferme 18 pour 100

(¹) Brevet américain 874864.
(²) *Zeitschr. f. angew. Chemie*, 1909, p. 224.

(¹) Brevet américain 881527 du 10 mars 1908.
(²) *Electroch. and met. Ind.*, 1908, p. 145.

d'oxyde de manganèse, 3 pour 100 d'oxyde de cobalt, 1,25 pour 100 d'oxyde de nickel, 30 pour 100 d'oxyde de fer. On le lessive avec une solution concentrée de sulfate de fer, ce qui fait passer en solution le manganèse, le cobalt et le nickel, le fer restant à l'état d'oxyde. De la solution claire on précipite les trois métaux par le sulfure de sodium.

Le manganèse est enlevé du précipité par le chlorure de fer, puis les sulfures de nickel et de cobalt subissent un grillage sulfatisant.

Les sulfates sont dissous, puis transformés en chlorures par le chlorure de calcium. Pour la séparation du cobalt on partage la solution en deux moitiés. Dans l'une on précipite les métaux à l'état d'hydroxydes par l'eau de chaux. Ces hydroxydes étant en suspension dans l'eau, on fait passer un courant de chlore et d'air qui les transforme en sesquioxydes. En mélangeant alors avec l'autre moitié de la solution, le cobalt précipite, tandis que le nickel rentre en solution à l'état de chlorure et peut être précipité seul ensuite par le lait de chaux, après filtration. L'électrolyse est ainsi toujours limitée pratiquement à l'électrolyse de la solution de chlorure de nickel.

Günther et Franke [1] traitent de la manière suivante les mattes nickel-cuivre. Celles-ci, finement pulvérisées, sont mélangées à une solution de chlorure de sodium, calcium, magnésium ou cuivre, et soumis à un courant de chlore gazeux. Il se forme des chlorures et du soufre. On filtre, on élimine l'acide sulfurique et les impuretés, puis on électrolyse la solution de nickel et de cuivre en présence d'anodes insolubles. Le cuivre se dépose à la cathode pendant que le chlore qui se dégage à l'anode sert pour une nouvelle lixiviation des mattes. On remet fréquemment des lessives fraîches jusqu'à ce que la teneur en nickel soit suffisante. On décuivre alors aussi loin que possible et l'on précipite le reste du cuivre à l'aide de nickel. La solution de nickel est enfin électrolysée en présence d'anodes insolubles.

On peut aussi faire des anodes à l'aide des mattes de nickel-cuivre et les électrolyser dans une solution acide (chlorhydrique) de chlorure de cuivre et de chlorure alcalin. Le chlore dégagé à l'anode transforme les sulfures en chlorures.

Les mêmes auteurs [2] traitent à garniérite en la mélangeant à de la pyrite de fer. On fond pour matte brute de nickel; on enrichit en matte de concentration qu'on dispose alors comme anode dans un bain renfermant une solution acide de sulfate de cuivre. Par l'électrolyse, le nickel, le cuivre et le fer passent en solution; le soufre, les sulfures et la silice restent dans les boues qui sont travaillées séparément. Par la séparation électrolytique du cuivre, la solution s'enrichit en nickel. On la décuivre alors le plus loin possible par électrolyse; on précipite le reste du cuivre à l'aide d'oxydule de nickel. On obtient enfin le nickel en électrolysant avec anodes insolubles la solution de sulfate de nickel.

Warlimont [3] opère différemment le traitement des pyrites de fer renfermant du cuivre et du nickel. Il grille la pyrite longtemps entre 480° et 550° C. pour sulfatiser tout le cuivre et insolubiliser l'oxyde de fer. Il lessive la plus grande partie du cuivre avec l'eau, précipite le cuivre de la solution par le fer et travaille la solution finale pour nickel. Les résidus de lixiviation (0,02 pour 100 de cuivre et 2,81 pour 100 de nickel) sont fondus pour matte brute, transformés en matte de concentration, et celles-ci sont électrolysées comme les mattes de cuivre d'après Borchers, Franke, Günther. On utilise des petites cathodes et des anodes à grande surface. On précipite le reste du cuivre de la solution par de la poudre de nickel fraîchement réduit à 60° C. dans un courant d'hydrogène. On obtient ainsi un produit presque antérieurement exempt de cuivre.

FER. — La production des dépôts de fer électrolytique a été étudiée jusqu'ici principalement en vue des applications galvanoplastiques ou typographiques. Cependant en 1908 ont été entreprises des séries de recherches relatives à la fabrication du fer électrolytique; les unes avaient pour but d'obtenir par électrolyse un fer aussi pur que possible, destiné à la préparation d'alliages ou aux recherches scientifiques; les autres se rapportaient à la fabrication directe par électrolyse de tubes sans soudures, de tôles, etc., comme dans le procédé Elmore pour le cuivre.

E.-F. Kern [1] a recherché pour le fer, comme il l'avait fait pour le nickel, les meilleures conditions de raffinage électrolytique du métal. Il a expérimenté sur des solutions de sulfate ferreux pures ou additionnées de sulfate de sodium, des solutions de chlorure de fer et de chlorure de sodium et des solutions de fluosilicate de fer ($FeSiF^6$). L'électrolyse d'une solution neutre de fluosilicate de fer donne de mauvais résultats; il se sépare de la silice, le dépôt de fer est très cassant et renferme de la silice. On obtient de très bons dépôts, très unis, en électrolysant une solution de sulfate neutre ferreux renfermant 8 pour 100 de fer et 4 pour 100 de sodium à l'état de sulfate (ou encore 6 pour 100 Fe et 3 pour 100 Na). La densité de courant cathodique doit être de 1 à 2 ampères par décimètre carré et la température, de 40° à 60° C. A 50° C. la tension atteint 0,5 à 0,85 volt pour 1 ampère par décimètre carré et 0,8 à 0,98 volt pour 2 ampères par décimètre carré. Au début de l'électrolyse, les bains (ceux de chlorure également) travaillent mal; le dépôt a une tendance à s'écailler, ce qui tient à la présence de sel ferrique; mais, après environ 3 heures d'électrolyse, ce phénomène disparaît. En faisant bouillir préalablement l'électrolyte, on élimine les gaz dissous et le dépôt est moins poreux. En solution neutre de chlorure, les dépôts sont plus flexibles et à grains plus fins qu'en solution neutre de sulfate. En additionnant les électrolytes de sels ammoniacaux, les dépôts sont plus durs et plus cassants, mais moins facilement oxydables. Les dépôts obtenus avec des électrolytes ne renfermant pas de sels ammoniacaux sont facilement soudables au rouge.

Des recherches pour la préparation du fer pur par élec-

(1) Brevet allemand 199554.
(2) Brevet allemand 200953.
(3) *Metallurgie*, t. LXXXIII, 1909, p. 127.

(1) *Electroch. and met. Ind.*, 1908, p. 242.

trolyse ont déjà été effectuées en 1846 par Böttcher (¹). En 1869, Lenz (²) a donné une description de la préparation et des qualités du fer électrolytique. C'est dans ces dernières années que la question a été le plus travaillée. Citons les recherches de Burgess et Hambuechen (³), puis celles de R. Amberg (⁴) relatives à la fabrication électrolytique de plus grandes quantités de fer pur. Cet auteur donnait la préférence à la solution de chlorure, mais pour les recherches de longue durée employait la solution de sulfate additionnée de sulfate d'ammoniaque (26^g à 45^g de fer par litre) qui donnait un métal cathodique de 99,9 pour 100 de fer après élimination de l'hydrogène, en employant des anodes en fer fondu.

A. Müller (⁵) a fait une étude très détaillée de la préparation du fer électrolytique, de sa composition et de ses propriétés thermiques. Il prépara d'abord le fer en partant de la solution de sulfate ferreux et de sulfate d'ammoniaque. Il obtint ainsi un rendement de 94 à 98 pour 100, mais constata que ces solutions sont inutilisables, car le fer de la cathode renferme plus de soufre que celui de l'anode, ce soufre provenant de l'électrolyte. La teneur en carbone et en silicium était également plus élevée. Au contraire, l'emploi de chlorure de fer et d'un diaphragme procurait dans le fer électrolysé une diminution de 75 pour 100 de la teneur en soufre et de 15 pour 100 de la teneur en carbone et en silicium. La quantité totale d'impuretés tombait alors de 0,186 pour 100 (fer anodique) à 0,0842 pour 100 (fer cathodique). D'après le procédé de Burgess et Hambuechen (15 à 30 pour 100) de sulfate ferreux ammoniacal), la meilleure densité de courant était 0,5 à 0,8 ampère par décimètre carré. Dans le procédé Maximowitsch (20 pour 100 $FeSO^4$, 5 pour 100 $MgSO^4$, 25^g $NaHCO^3$), elle était de 0,5 ampère par décimètre carré, et dans le bain de chlorure, 0,7 ampère par décimètre carré. Le dépôt de fer est d'autant plus dense et d'autant plus homogène que la densité de courant est plus faible et que l'électrolyte est plus concentré. Pour les bains de sulfate ferreux ammoniacal, la meilleure concentration est 30 pour 100; pour les bains de chlorure, elle est supérieure à 30 pour 100. Il vaut mieux opérer à la température ambiante que de chauffer. L'agitation du bain n'exerce aucune influence sur la qualité du dépôt; mais, en revanche, elle augmente la teneur du fer en carbone par suite des particules de carbure maintenues ainsi en suspension. Comme anodes, on employait du fer forgé ou du fer fondu de Krupp. Le fer électrolytique brut renfermant encore 0,08 à 0,17 pour 100 d'impuretés, on le raffinait plusieurs fois de façon à descendre cette proportion à 0,03 pour 100. Un tel fer électrolytique raffiné ne renfermait plus que 0,004 pour 100 Si, 0,0041 pour 100 P, 0,023 pour 100 C, pas de soufre et des traces de manganèse.

(¹) *Versuche für chem. und physik. Vorlesungen*, Francfort, 1846, p. 7.
(²) *Zeitschr. f. prakt. Chemie*, t. CVIII, 1869, p. 438.
(³) *Electroch. and met. Ind.*, t. II, 1904, p. 183.
(⁴) *Z. f. Elektroch.*, 1908, p. 325.
(⁵) *Metallurgie*, 1909, p. 145.

Müller a déterminé les points critiques de ce fer refondu dans un four à vide. Le point de fusion et de solidification était de 1485° à 1525°.

Le fer pur préparé par Kreusler (¹) (par réduction de l'oxyde) renferme du soufre, 0,001 pour 100 de manganèse, et autant de cuivre et de nickel (le carbone n'est pas indiqué). Sa résistivité à 0° C. est $9,4.10^{-6}$ ohm-cm; son coefficient moyen de température entre 0° et 100° est 0,0055.

Cowper Coles (²) a décrit, dans une communication à Iron and Steel Institute, une préparation électrolytique des tôles et tubes de fer. Il utilise le fer brut ou le minerai de fer qu'il introduit dans une solution acide. Il électrolyse le fer sur une cathode rotative en présence d'anodes insolubles. Comme électrolyte, il emploie une solution d'acide crésylsulfurique saturée de fer. Le liquide est agité en présence d'oxyde de fer en suspension. La meilleure densité de courant est 10 ampères par décimètre carré et la meilleure température 70° C. Pour obtenir des tubes, on recouvre de plomb un tube de fer, puis on dépose électrolytiquement une couche de fer de l'épaisseur voulue. En chauffant le tout à une température un peu supérieure au point de fusion du plomb, on retire le tube électrolytique. L'inventeur pense aussi pouvoir obtenir des tubes en deux métaux (cuivre-fer). Il est cependant peu vraisemblable qu'on puisse obtenir de cette manière un acier électrolytique à teneur déterminée en carbone et silicium, ou encore des nouveaux ferro-alliages. Une analyse du fer électrolytique ainsi produit donne : 0,06 pour 100 de carbone, 0,011 pour 100 de silicium, 0,016 pour 100 de soufre, 0,041 pour 100 de phosphore, 0,004 pour 100 d'arsenic et des traces de manganèse. Les frais de fabrication des tubes sont de 144^{fr} la tonne.

Le coût du raffinage par le procédé Burgess et Hambuechen est $0^{fr},055$ le kilogramme.

Zinc. — Malgré l'imperfection des procédés actuels d'extraction du zinc, ni la méthode électrothermique, ni la méthode électrolytique n'ont encore pu s'implanter. En Angleterre même, une installation électrolytique a dû être abandonnée. Par contre, dans la Haute-Silésie, un nouveau procédé fonctionne dans une grande installation d'essais.

W. Stöger (³) signale une installation qui fonctionne à Olkusz (Pologne russe) et dans laquelle on électrolyse des solutions de sulfate de zinc. S'il s'agit de traiter des blendes, on les soumet à un grillage sulfatisant à basse température; le sulfate de fer s'oxyde et se décompose. Le minerai grillé est lessivé systématiquement, les liqueurs acides provenant de l'électrolyse passant d'abord sur le minerai le plus lessivé déjà et, en dernier lieu, sur le minerai grillé frais. On lessive rapidement et non par un contact prolongé. La calamine doit être lessivée avec de l'acide sulfurique, la gangue absorbant aussi une partie de cet acide. On purifie les solutions en transformant d'abord l'oxydule de fer en

(¹) *Ber. d. deutsch. physik. Ges.*, t. VI, 1908, p. 344.
(²) *Electroch. and met. Ind.*, 1908, p. 447.
(³) *Oesterreich. Zeitschr. f. Berg. u. Hüttenwesen*, 1909, p. 1.

oxyde par l'air et le permanganate, et en le précipitant par l'oxyde de zinc. Le cuivre, l'arsenic et le cadmium sont précipités par l'hydrogène sulfuré. L'argent reste dans le résidu de minerai, d'où on peut l'extraire par un lessivage spécial.

Dans l'électrolyte, il n'y a plus, comme impureté, que le manganèse difficile à séparer et dont le rôle est nuisible lorsqu'on fait l'électrolyse sans diaphragme. Le manganèse se transforme en effet à l'anode en sel manganique rouge qui attaque la cathode et fait des trous dans le zinc. On évite cet inconvénient par le dispositif de Laszscynski qui consiste à recouvrir étroitement les anodes d'un tissu, ce qui empêche l'oxydation du manganèse et, par suite, l'attaque du zinc. Les solutions sont introduites dans des bacs en bois doublé de plomb; chaque bain prend 1500 ampères sous 4 volts. Entre les anodes et les cathodes se meuvent des agitateurs, en haut et en bas. Avant l'électrolyse, la teneur en zinc est de 10 pour 100; après l'électrolyse, elle descend à 4 pour 100, tandis que la teneur en acide libre s'élève à 9 pour 100. Les cathodes sont enlevées lorsqu'elles ont 20^{mm} à 30^{mm} d'épaisseur; la pureté du métal atteint 99,97 pour 100. On arrive, paraît-il, à déposer pratiquement $1^{g},15$ de zinc par ampère-heure, ce qui correspond à un rendement en quantité de 94,1 pour 100. Étant donnée la teneur en acide, cette valeur paraît très élevée et difficilement croyable. On déduit de ces chiffres que la dépense est de 3480 kilowatts-heure (145 kilowatts-jour) par tonne de zinc. Ce sont les minerais à faible teneur qu'on traite avantageusement par le procédé Laszscynski.

La purification des lessives de zinc joue un grand rôle dans la fabrication du lithopone. Jusqu'ici on précipitait les métaux précipitables, en particulier le cadmium, par ébullition avec de la poudre de zinc, après avoir éliminé préalablement le manganèse et le fer. Mais la purification n'était ainsi jamais complète. La Chemische Fabrik Marienhütte, de Langelsheim, a breveté (1) un procédé qui consiste à précipiter le cadmium par électrolyse. Les solutions brutes sont envoyées dans des cuves dont la chemise en plomb sert de cathode, tandis qu'on prend des plaques de zinc comme anodes. Par l'électrolyse, on consomme en zinc un peu plus de la moitié du poids de cadmium à précipiter.

Quelques travaux ont été publiés au sujet de l'obtention de dépôts de zinc utilisables. Goldschmidt (2) sature l'acide fluosilicique de carbonate de zinc et emploie la solution neutre. L'électrolyse se fait en présence d'une cathode rotative (1000 tours par minute) avec une densité de courant de 0,5 à 3 ampères par décimètre carré, et donne un dépôt de zinc à grain fin. L'électrolyte doit être additionné d'un peu de sable fin. Snodon (3) a, d'autre part, recherché les différentes conditions de précipitation du zinc en solutions acides et alcalines. Le grain est plus fin en solution alcaline qu'en solution acide; le rendement est meilleur et la tension plus faible. La température et la concentration augmentent la grosseur des cristaux; les grandes densités de courant la diminuent. La présence de formaldéhyde diminue également cette grosseur. L'auteur a également recherché l'influence des cathodes rotatives.

(1) Brevet allemand 199493.
(2) *Le Mois scientifique*, 1908, p. 1.
(3) *Journal officiel*, t. XI, 1907, p. 369; *Electroch. and met. Ind.*, 1907, p. 222.

Étain. — Claus (1) effectue à Liverpool le raffinage électrolytique de l'étain en solution de sulfure alcalin. Le procédé de Steiner (2) diffère de celui de Claus par l'emploi de cathodes en étain, par une tension inférieure à 0,2 volt et par l'addition, lors du renouvellement des anodes, de 1 pour 100 de soufre dans le bain. A vrai dire, il n'y a guère de nouveauté dans ce dernier procédé, et Claus a indiqué que des alliages d'étain électrolysés en solution de sulfure de sodium à 10 pour 100, à une température de 90° C. et une densité de courant de 1 ampère par décimètre carré prennent une tension inférieure à 0,2 volt (3). D'ailleurs, cette tension se maintient d'elle-même, car, en opérant plus haut, à 0,2-0,3 volt, il se produit un violent dégagement gazeux. En fait, dans l'usine anglaise, Claus travaille à une tension inférieure à 0,2 volt.

Tandis que Steiner soutient que des anodes neuves se comportent comme anodes insolubles en solution de sulfure de sodium si l'on n'ajoute pas de soufre, et donnent ainsi lieu à un dégagement gazeux, B. Neumann (4) a observé que les solutions de sulfures alcalins ou de sulfostannates qui renferment de l'alcali libre ne présentent pas ce phénomène. Contrairement à l'affirmation précédente, ce n'est donc pas du soufre, mais de l'alcali qu'il faudrait ajouter pour obtenir les meilleures conditions (plus grande conductibilité, pas de séparation de soufre à l'anode, attaque régulière de celle-ci, plus grande densité de courant, moindre teneur de l'étain cathodique en arsenic et antimoine). Ici aussi une température supérieure à 70° C. est nécessaire si l'on veut obtenir un métal déposé dense et de couleur blanc d'argent. Au-dessous de cette température, en effet, l'étain se dépose à l'état de poudre noire non adhérente.

M. Thirot et A. Mage (5) récupèrent l'étain des déchets d'étain, fer-blanc, boues anodiques d'électrolyse du bronze en les électrolysant en solution de stannate. On prépare d'abord une solution d'étain à l'aide d'une lessive de soude à 10 ou 12 pour 100. Cette solution est purifiée des métaux étrangers par addition de sulfure alcalin en évitant d'en introduire un excès. L'électrolyse s'effectue à 3 à 4 ampères par décimètre carré, la température étant au moins 80° C. En ne poussant pas l'épuisement au-dessous de 10^{g} d'étain par litre, on obtient un dépôt d'étain dense gris clair. D'après les expériences du rapporteur, la solution de stannate sans sulfure ne donne qu'un dépôt d'étain gris non adhérent. Ce n'est que grâce à l'addition de sulfure qu'on obtient l'étain blanc.

(1) *Z. f. Elektroch.*, 1908, p. 28.
(2) Brevet allemand 193528; *Z. f. Elektroch.*, 1908, p. 683.
(3) *Elektroch. Zeitsch.*, t. XV, 1908, p. 34; *Oesterreich Chem. Ztg.*, 1907, p. 207.
(4) Brevet allemand 198289.
(5) Brevet allemand 203519.

Comme dans la plupart des électrolytes employés pour le raffinage de l'étain, le plomb et d'autres métaux de l'anode se dissolvent et viennent ensuite se précipiter sur la cathode, A. Sperry (1) opère comme suit : Il fond les déchets d'étain, les additionne de salpêtre, puis coule le métal en anodes à basse température. Ces anodes sont introduites dans un élément à diaphragme. On prend du chlorure d'étain comme électrolyte et l'on électrolyse à 85° C. De temps en temps, on enlève une partie de la solution anodique dont on précipite le métal à l'aide de chaux.

Nodon (2) extrait l'étain des déchets en employant une lessive de bichlorure d'étain mélangé à du chlorure d'ammonium et de sulfate stannique avec un excès d'acide sulfurique libre. Les déchets sont placés dans des corbeilles ; on électrolyse à 40° C. Le plomb n'est pas attaqué ; l'étain se dissout. De la solution d'étain, on extrait électrolytiquement l'étain dans d'autres éléments.

Plomb. — Escart (3) a décrit les différents procédés d'extraction et de raffinage électrolytiques du plomb par électrolyse. Dès 1854, Becquerel a fait des essais sur le traitement par électrolyse de la galène argentifère. En 1893, Lyte transformait le métal en chlorure de plomb qu'il électrolysait à l'état fondu. Salom réduisait la galène en plomb spongieux en l'électrolysant comme cathode dans une solution d'acide sulfurique à 10 pour 100.

Comme procédés de raffinage électrolytique, Escard a cité ceux de Keith, de Betts, de Tommasi, ainsi que celui de Borchers qui raffine le plomb à l'état fondu et celui de Lodyguine pour la réduction électrolytique des oxydes de plomb (résidus d'accumulateurs).

Auerbach et Vœrn (4) réduisent la galène dans un bain en fusion de chlorure de sodium ou de chlorure de calcium, pouvant être additionné de cryolithe.

De nombreuses publications ont paru sur le procédé de raffinage de Betts (5), parmi lesquelles un livre de l'auteur : *Lead Refining by Electrolysis*. D'après ce procédé, les dépôts de plomb uniformes et épais sont produits par électrolyse de solutions de sels de plomb à acide fort non oxydant avec addition d'un réducteur (gélatine) qui empêche la cristallisation du plomb déposé. En employant un bain de fluosilicate de plomb avec acide libre additionné de 1 : 5000 de gélatine et en électrolysant à 4 ampères par décimètre carré, on obtient un dépôt dont la densité est de 11,276, c'est-à-dire la densité du plomb laminé. Ordinairement, on emploie une densité de courant de 1 à 2 ampères par décimètre carré, ce qui correspond à une tension de 0,15 à 0,35 volt. Avec des densités de courant plus élevées, le plomb devient plus dur, plus cassant, plus blanc.

A.-G. Wolf (6) a décrit l'installation de raffinage électrolytique du plomb par le procédé Betts, de Trail (Colombie britannique). Cette installation a été montée en 1902, avec 28 bains donnant une production de 8^t par jour. Elle a été agrandie depuis jusqu'à 240 bains correspondant à une production journalière de 70^t de plomb. Le plomb brut coulé en anodes renferme en moyenne 0,2 pour 100 d'arsenic, 0,8 pour 100 d'antimoine, 0,25 pour 100 de cuivre, plus 3^{kg} d'argent et 30^g d'or par tonne. La composition moyenne du plomb raffiné est de 99,9962 pour 100 de plomb, 0,0014 pour 100 d'argent, 0,0003 pour 100 de cuivre, 0,0013 pour 100 de fer, 0,0001 pour 100 de zinc, 0,0001 pour 100 d'étain, 0,0006 pour 100 d'antimoine. L'électrolyte renferme en moyenne 9,3 pour 100 (de 8 à 11 pour 100) de fluorure ds silicium et 5 pour 100 (4,5 à 5,5 pour 100) de plomb. La densité de courant atteint 14 ampères par pied carré (1,5 ampère par décimètre carré) aux cathodes et 16 ampères par pied carré (1,72 ampère par décimètre carré) aux anodes. La tension est 0,4 volt et la température 30° C. On compte une addition de 0,5 livre (227^g) de gélatine par tonne de plomb raffiné. Le déchet anodique atteint environ 15 pour 100. Les boues renferment 14,5 pour 100 d'eau, 0,1 pour 100 d'or, 17,1 pour 100 d'argent, 9,5 pour 100 de cuivre, 25,91 pour 100 d'antimoine, 5,96 pour 100 d'arsenic et 14,5 pour 100 de plomb. Elles sont lavées, séchées, puis fondues avec de la soude. On précipite la solution par l'acide sulfurique. L'argent dissous est séparé par le cuivre. On obtient ainsi de l'or à 998 et de l'argent à 995,5 millièmes.

Argent. — Le procédé de lixiviation au cyanure des minerais d'argent se développe au Mexique. L'exécution du procédé se fait de la même manière que pour l'or. Il y a des installations modernes de broyage, lessivage, filtration (filtres à vide).

Les anciens procédés par amalgamation étaient imparfaits et coûteux. Les premiers essais de lixiviation au cyanure donnèrent aussi des résultats imparfaits jusqu'au jour où l'on connut l'influence de la finesse de pulvérisation et de la durée de lixiviation. Par cette nouvelle méthode on extrait actuellement 90 à 95 pour 100 du métal noble, tandis qu'on n'atteignait que 40 à 45 pour 100 par l'amalgamation à froid et 60 à 75 pour 100 par l'amalgamation à chaud. Le coût de l'opération n'est que de $22^{fr},50$ au lieu de 60^{fr} à 100^{fr} pour l'amalgamation à froid et de 30^{fr} à 45^{fr} pour l'amalgamation à chaud. La première installation de lixiviation au cyanure fut mise en marche en 1905 à Guanajuato. La mise au point du procédé est telle qu'on ne dépense pas plus de 2^{kg} de cyanure de potassium par tonne de minerai. A la mine de Nagal, on lessive les boues pendant 30 heures avec une solution renfermant 0,1 à 0,2 pour 100 de cyanure de potassium. Les sables sont traités 16 jours à l'aide d'une solution à 0,4 pour 100. Caldecott (1) a étudié les actions qui se produisent lors de la dissolution du sulfure d'argent dans le cyanure de potassium.

Des lessives renfermant l'argent (et l'or), on extrait, au Mexique, le métal noble par précipitation par le

(1) Brevet allemand 874707.
(2) Brevet allemand 199729.
(3) *L'Électricien*, t. XXXIV, 1907, p. 387.
(4) *L'Électricien*, t. XXXV, 1908, p. 176, d'après *Energia Elettrica*.
(5) Brevet allemand 198288.
(6) *Bull. Colorado School of Mines : Metallurgie*, 1908, p. 68.

(1) *Electroch. and met. Ind.*, 1908, p. 341.

zinc en opérant dans des caisses de ce métal. On fait aussi l'extraction par électrolyse. Mark Lamb (1) a fait quelques communications intéressantes sur la décomposition électrolytique des lessives de cyanure d'argent. Les minerais d'or sont lessivés avec une quantité quadruple de liquide et les lessives renferment à la tonne environ 3g,8 d'or (0g,75 pour les plus pauvres). Pour les minerais d'argent, on prend 6 fois plus de lessive que de minerai et la teneur moyenne est de 45g d'argent par tonne (davantage pour les minerais renfermant 500g à 1000g d'argent). Dans les installations de Butters et Co, on a trouvé qu'il était très avantageux d'employer des cathodes en fer-blanc et des anodes en peroxyde de plomb. Mais ces dernières ont été bientôt remplacées par le graphite Acheson, à cause de leur prix et de leur faible durée. La densité atteint 5 ampères par mètre carré (4 fois plus élevée que pour l'or). Hamilton a indiqué les chiffres suivants relatifs à la précipitation de l'argent aux mines Prietas :

Lessive passée en 24 heures en tonnes.	Densité de courant en amp. par m².	Rendement en pour 100.
120	3,0	90,0
240	7,0	84,0
120	8,0	88,0
240	8,0	84,5

Les solutions renfermaient en moyenne 50g d'argent et d'or par tonne ; la surface totale des cathodes était de 325m². La précipitation électrolytique est la plus avantageuse quand on part de minerais purs; au contraire, s'ils renferment du cuivre, il vaut mieux précipiter par le zinc. Lamb a proposé de combiner les deux procédés.

Easterbrooks (2) a décrit la raffinerie d'argent des usines de cuivre de Raritan. Les boues anodiques de l'électrolyse du cuivre sont lavées, tamisées, bouillies avec de l'acide sulfurique additionné de salpêtre. Après filtration, on fond et l'on coule en anodes qui renferment 98 à 99 pour 100 d'argent. L'électrolyse se fait d'après un procédé de W. Thum qui diffère de celui de Balbach (3) par ce fait que les électrodes sont légèrement inclinées sur l'horizontale, de sorte que la solution plus lourde formée sous l'anode se mélange plus facilement. Les cuves sont en pierre ; une cathode en charbon est placée dans le fond ; sur celle-ci sont disposées horizontalement les anodes qui ont 32dm²,5 de surface. La densité de courant atteint 4,3 ampères par décimètre carré. L'argent déposé est raclé du fond, lavé et fondu. Son titre est de $\frac{999}{1000}$. Les boues d'or sont bouillies avec de l'acide nitrique et de l'acide sulfurique et fondues à leur tour.

(1) *Eng. and Min. Journ.*, t. LXXXVII, 1909, p. 705.
(2) *Electroch. and met. Ind.*, 1908, p. 277.
(3) Brevet américain 588524.

Or. — Les progrès réalisés dans l'extraction de l'or par la méthode de lixiviation au cyanure ont surtout été d'ordre mécanique pendant ces dernières années.

Un perfectionnement au procédé de Wholwill (brevets allemands 90276 et 90511) a été apporté par la Norddeutsche Affinerie (1). Lorsqu'on électrolyse de l'or renfermant de l'argent, à l'aide d'une solution de chlorure d'or additionnée d'un excès d'acide chlorhydrique ou de chlorure, il est nécessaire de séparer souvent mécaniquement le chlorure d'argent qui recouvre les anodes dès que la teneur atteint 6 pour 100 d'argent, sans quoi il se dégage du chlore. Pour éviter cet inconvénient, on emploie un courant alternatif asymétrique. On électrolyse en solution de chlorure d'or renfermant plus de 3 pour 100 d'acide chlorhydrique si l'on opère à froid ou moins de 1 pour 100 si l'on opère à chaud. La densité de courant est de 5 à 10 ampères par décimètre carré.

A. Whitehead (2) a décrit le raffinage électrolytique d'or, argent et cuivre de la Monnaie de San-Francisco, et K. Kronfusz (3), celui de la Monnaie des États-Unis, à Philadelphie. L. J.

DIVERS.

Préparation électrolytique du magnésium (G.-O. SEWARD et F. von KUGELGEN (Brevet américain, 931392, 17 août 1909). — Dans la préparation ordinaire du magnésium par électrolyse d'un mélange fondu de chlorure de magnésium et de chlorure de potassium, le magnésium, plus lourd que l'électrolyte, est recueilli au fond du bain. Mais la faible différence de densité rend la séparation difficile. Dans leur procédé, MM. Seward et Kugelgen obtiennent un bain notablement plus lourd que le magnésium en remplaçant en partie le chlorure de potassium par un chlorure alcalino-terreux. A titre d'exemple, ils indiquent la composition suivante : 5 parties de chlorure de magnésium, 5 parties de chlorure de potassium, 3,5 parties de chlorure de baryum. Le magnésium, libéré par l'électrolyse, se rassemble alors facilement à la partie supérieure du bain.

Soudures pour l'aluminium. — Un brevet américain (U. S. A. P., 931523, 17 août 1909) délivré à M. Z. Tamassy préconise le mélange suivant : 8g,45 d'antimoine, 251g de zinc, 251g d'étain et 2g,86 d'acide salicylique.

Dans un autre brevet (U. S. A. P., 933433, 7 septembre 1909), M. J.-F. Guggenbuhl indique l'alliage suivant pour la soudure au chalumeau : 85 parties de zinc, 10,7 parties de cuivre et 4,3 parties d'aluminium.

(1) Brevet allemand 207555.
(2) *Electroch. and met. Ind.*, 1908, p. 355 à 408.
(3) *Oesterr. Zeitschr. f. Berg u. Hüttenwesen*, 1908, p. 129, 141, 161.

BIBLIOGRAPHIE (¹).

Cours pratique d'Électricité industrielle, par HENRY CHEVALLIER, docteur ès sciences, sous-directeur du Laboratoire d'Électricité industrielle de la Faculté des Sciences de Bordeaux, etc. Tome I : *Modes de production de courants continus, transport et distribution de l'énergie électrique*. Un vol. $19^{cm} \times 12^{cm}$, 397 p., 410 fig. Ch. Béranger, éditeur, 15, rue des Saints-Pères. Prix : cartonné, 7^{fr},50.

Ce Traité est destiné aux élèves des écoles d'enseignement technique et est la reproduction des cours que professe l'auteur à la Société philomathique de Bordeaux. Il comprendra trois volumes, le second étant consacré aux applications du courant électrique, le troisième aux courants alternatifs simples et polyphasés. Écrit par un professeur émérite, sous une forme claire et accessible à tous, il constitue un guide précieux pour tous ceux qui ont besoin d'apprendre les principes de l'électricité.

Aide-mémoire de poche de l'Électricien, par PH. PICARD et A. DAVID, ingénieur des Arts et Manufactures. Troisième édition, par A. DAVID et L. CREMEL. Un volume de 850 pages. Ch. Béranger, éditeur, 15, rue des Saints-Pères. Prix : relié cuir souple, 7^{fr},50.

Encouragés par l'accueil fait aux deux éditions précédentes, les auteurs présentent au lecteur, dans cette troisième édition, un travail revu et rajeuni. Un index bibliographique indique les principales sources où les auteurs ont puisé.

La partie pratique a été dégagée des préliminaires techniques indispensables, groupés dans une première partie. On a réalisé ainsi deux gros desiderata : la clarté d'exposition et la commodité des recherches.

Manuel d'Électrotechnique (Étude des principes généraux et des machines électriques industrielles), par ADOLF THOMAELEN. Traduit sur la troisième édition allemande par BOY DE LA TOUR. Un vol. $25^{cm} \times 15^{cm}$, 556 p., 338 fig. Ch. Béranger, éditeur, 15, rue des Saints-Pères. Prix : cartonné, 20^{fr}.

Par suite de la complexité de ses lois et de la vaste étendue de son domaine, l'Électrotechnique peut être présentée de bien des manières différentes. C'est ce qui explique la multiplicité des Traités, Leçons, Manuels, etc., qui ont été publiés sur l'Électrotechnique générale.

Dans la rédaction de son Ouvrage, qui a eu les honneurs de trois éditions allemandes et d'une édition anglaise en l'espace de seulement quatre années, M. Thomaelen a eu surtout en vue les jeunes ingénieurs débutant dans la pratique et en général tous les techniciens qui ne se sont pas spécialisés et qui n'ont dès lors pas besoin de connaître tous les détails de construction des machines, mais doivent cependant ne pas ignorer les règles générales de leur fonctionnement. Il s'est trouvé ainsi amené à rechercher la plus grande simplicité possible dans les calculs, ne se servant qu'exceptionnellement des mathématiques supérieures. Par contre il s'est attaché à faire saisir clairement les actions qui entrent simultanément en jeu dans les machines, de façon à donner une idée bien nette des causes pouvant influer sur leur marche. C'est donc un Traité relativement élémentaire et pratique qui ne peut manquer de rendre service à ceux en vue desquels il a été écrit.

La Houille verte (Mise en valeur des moyennes et basses chutes d'eau en France), par HENRI BRESSON. Deuxième édition, augmentée d'un supplément. Un vol. $25^{cm} \times 16^{cm}$, 335 p., 129 fig. H. Dunod et E. Pinat, éditeurs. Prix : broché, 8^{fr},50.

En présentant ici la première édition de cet Ouvrage, nous félicitions son auteur de son talent de vulgarisateur. Plus récemment, à l'occasion de la publication dans ce journal de ses lexiques des meilleures rivières de France au point de vue de leur utilisation hydraulique, nous le complimentions de la patience qu'il déploie dans ses recherches statistiques et de la peine qu'il prend pour en contrôler les résultats. La seconde édition de la *Houille verte*, qui contient, sous forme de complément, les résultats de ces recherches statistiques, ne peut donc manquer d'intéresser tous ceux qui s'occupent de l'utilisation de nos richesses hydrauliques à la production de l'électricité, soit comme propriétaires de ces richesses, soit comme constructeurs d'installations électriques. J. B.

Les moteurs à gaz (Étude des projets, construction et conduite des moteurs à explosion), par HERM. HAEDER. Traduction française par M. VARINOIS, ingénieur des Arts et Manufactures. Seconde Partie : Planches. Format $21^{cm} \times 24^{cm}$. H. Dunod et E. Pinat, éditeurs.

Nous avons signalé antérieurement la publication de la première Partie de cet Ouvrage. La seconde est particulièrement intéressante pour les constructeurs. Elle est en effet constituée par une collection de 100 planches donnant tous les détails de construction des diverses pièces des moteurs à gaz, des gazogènes et des accessoires. Toutes ces pièces appartiennent à des installations, dont la puissance varie de 4 à 1850 chevaux, actuellement en service d'après les projets dressés dans les bureaux d'études de M. Haeder.

¹) Il est donné une analyse bibliographique de tout Ouvrage dont *deux* exemplaires sont adressés à la Rédaction.

VARIÉTÉS. — INFORMATIONS.

ENSEIGNEMENT TECHNIQUE.

Développement de l'enseignement technique dans les Universités par la création de Facultés techniques, par A. BLONDEL (Communication faite au Congrès de Lille de l'Association française pour l'avancement des sciences, août 1909). — Depuis deux ou trois ans il est beaucoup question de l'enseignement technique; les uns voudraient que les connaissances générales nécessaires à tout ingénieur fussent enseignées uniquement dans les Universités, les études vraiment techniques s'accomplissant ensuite dans des écoles plus spécialisées que celles qui existent aujourd'hui; d'autres trouvent au contraire qu'il suffirait de quelques modifications aux programmes actuels de ces écoles pour donner satisfaction.

Dans sa communication au Congrès de Lille, M. Blondel préconise une autre solution qui, comme la première des précédentes, chargerait les Universités de la formation des ingénieurs, mais en y créant des organes qui n'y existent pas actuellement : les Facultés techniques.

Voici en résumé les considérations qu'expose M. Blondel à l'appui de sa proposition.

L'enseignement technique supérieur est encore très incomplètement organisé en France; plusieurs sommités scientifiques ont proposé des solutions, et des essais très remarquables ont été faits dans certaines Universités.

Il ne semble pas cependant que ces essais aient été jusqu'ici suffisamment coordonnés et qu'on ait établi un plan d'ensemble vraiment *constructif*.

La difficulté provient du défaut d'autonomie de l'enseignement technique supérieur institué dans les Facultés des Sciences, du manque de statut légal et de l'absence d'inspecteurs techniques des Instituts organisés dans certaines Facultés des Sciences. L'étude des conditions *psychologiques* de la formation d'un ingénieur (essentiellement distinctes de celles de la formation de l'homme de science) et l'examen des institutions techniques de l'étranger conduisent l'auteur à préconiser la création, en France, d'organismes universitaires nouveaux, autonomes, sous le nom de *Facultés techniques* analogues aux Facultés de Médecine, en petit nombre comme elles et recrutant comme elles leur personnel parmi des *professionnels*, au moins pour la plus grande partie, tout en faisant appel au personnel d'autres Facultés pour certains cours qui exigent soit des synthèses scientifiques, soit des connaissances d'un autre ordre, telles que l'économie politique ou la législation.

Ces Facultés techniques joueraient en France le même rôle que les *Technische Hochschulen* en Allemagne et les *Engineering Colleges* ou les *Faculties of Engineering* aux États-Unis et en Angleterre. Un modèle presque français existe déjà à l'Université de Liége.

Autour de ces Facultés pourraient d'ailleurs se grouper des écoles libres préparatoires, telles que les écoles libres d'ingénieurs actuels. Ces Facultés *techniques* dirigées et inspectées par des *techniciens* scientifiques, maintiendraient dans l'enseignement technique un niveau scientifique élevé, permettraient aux ingénieurs de se livrer à des recherches personnelles après leurs études et leur donneraient des grades *techniques* de deux degrés (licence et doctorat ès sciences techniques), que ne peuvent décerner actuellement les Facultés des Sciences et qui nous manquent pour lutter sur les marchés étrangers contre les *Diplomisten Ingenieure* et les *Doctor-Ingenieure* allemands et les *Doctor in Engineering* anglais.

CONSTRUCTION ÉLECTROTECHNIQUE.

Le fonctionnement des meules d'émeri émoussées. — L'emploi très répandu des meules d'émeri dans les ateliers de constructions électriques rend intéressants pour les ingénieurs électriciens les renseignements suivants que donne le *Génie civil* du 16 octobre d'après une étude de M. Petit parue dans la *Werkstattstechnik* du mois d'août.

Quand, opérant avec une meule fortement émoussée, la pression entre la meule et la pièce dépasse une certaine valeur, on obtient non plus des parcelles microscopiques, comme en donnerait une meule bien mordante, mais un copeau plat, plus ou moins continu, ayant toute la largeur de la surface de contact. La formation de tels copeaux doit être évitée en pratique, car, d'une part, elle implique une usure marquée de la meule, et, d'autre part, parce que la consommation d'énergie motrice par unité de volume de copeaux détachés est alors très notablement exagérée.

Mais, si l'on connaissait le phénomène et ses inconvénients, on en ignorait la cause. La voici, suivant M. Petit :

La meule émoussée, glissant à la surface du métal, échauffe rapidement celui-ci, qui est bientôt porté au rouge et même au blanc, au point où la meule quitte la pièce en œuvre. Il se produit alors, non plus un arrachement du métal par les particules dures et saillantes de la meule, mais un simple refoulement suivi d'un entraînement de ce métal dans le sens du mouvement de la meule. Le copeau ainsi produit est d'autant plus épais que la température du métal est plus élevée et que la vitesse propre de la pièce en œuvre est moindre.

LÉGISLATION, RÉGLEMENTATION.

Décret du Ministre des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes nommant un membre du Comité permanent d'électricité.

Par décret en date du 11 octobre 1909, rendu sur le rapport du Ministre des Travaux publics, des Postes et des Télé-

graphes, M. Belugou, ingénieur en chef à la direction des services télégraphiques de Paris, est nommé membre du Comité permanent d'électricité, en remplacement de M. Guillebot de Nerville, mis en disponibilité sur sa demande.

(*Journal officiel* du 13 octobre 1909.)

Décret du Ministre des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes relatif à l'application en Algérie, sous certaines réserves, de la loi du 15 juillet 1906 sur les distributions d'énergie électrique.

Le Président de la République française,

Vu la loi du 15 juin 1906 sur les distributions d'énergie;

Vu les décrets des 17 octobre 1907, 3 avril 1908, 17 mai 1908 et 20 octobre 1908, portant règlements d'administration publique pour l'exécution de cette loi;

Vu les décrets du 18 août 1897, du 30 décembre 1907, du 23 mars 1898, du 25 mai 1898 et du 12 octobre 1901, organisant les services des travaux publics, de l'hydraulique agricole, de l'agriculture, de l'enregistrement, des domaines et du timbre, et des postes et des télégraphes; du 23 août 1898, organisant le gouvernement et la haute administration de l'Algérie;

Vu l'avis du conseil du gouvernement de l'Algérie en date du 5 mars 1909;

Sur le rapport du Président du Conseil, Ministre de l'Intérieur et des Cultes, du Ministre des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes, du Ministre des Finances et du Ministre de l'Agriculture, d'après les propositions du gouverneur général de l'Algérie;

Décrète :

Art. premier. — Sont exécutoires en Algérie sous les réserves indiquées aux articles 2 à 8 ci-après :

La loi du 15 juillet 1906 sur les distributions d'énergie;

Le décret du 17 octobre 1907, organisant le service du contrôle des distributions d'énergie électrique en exécution de l'article 18 (3°) de ladite loi;

Le décret du 17 octobre 1907, portant fixation des redevances prévues par l'article 18 (7°) de ladite loi pour l'occupation du domaine public par les entreprises de distribution d'énergie;

Le décret du 3 avril 1908, portant règlement d'administration publique pour les objets énoncés aux n°s 1°, 2°, 3°, 4°, 5°, 6° et 8° de l'article 10 de ladite loi;

Le décret du 17 mai 1908, portant approbation d'un cahier des charges type pour la concession d'une distribution publique d'énergie électrique par une commune ou un syndicat de communes;

Le décret du 20 août 1908, portant approbation d'un cahier des charges type pour la concession d'une distribution publique d'énergie par l'État.

Art. 2. — Les pouvoirs attribués par ces lois et règlements au Ministre des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes, au Ministre de l'Intérieur, au Ministre des Finances et au Ministre de l'Agriculture sont exercés en Algérie par le gouverneur général.

Art. 3. — Toutefois, lorsqu'il doit être statué par un décret, cet acte est, après instruction de l'affaire sur place par le gouverneur général, préparé et contresigné par le Ministre des Travaux publics et par le Ministre de l'Intérieur.

Art. 4. — Dans les cas où la consultation du comité d'électricité institué auprès du Ministre des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes est prescrit par la loi et les décrets, et dans les cas où le gouverneur général reconnait l'utilité de prendre l'avis de ce comité, cette consultation est provoquée par les soins du Ministre, à qui le dossier est transmis à cet effet et qui le renvoie ensuite au gouverneur général avec l'avis du comité.

Art. 5. — Lorsqu'il y aura lieu à expropriation, il y sera procédé conformément à la législation spéciale à l'Algérie.

Art. 6. — Par dérogation aux dispositions de l'article 13 du décret du 17 octobre 1907, organisant le service du contrôle des distributions d'énergie électrique, le tarif maximum des frais de contrôle prévus aux articles 9 et 11 dudit décret sera revisé au plus tard le 1er janvier 1912.

Art. 7. — Les cautionnements à verser par les concessionnaires de distribution d'énergie électrique pourront être constitués en obligations émises par le gouvernement général de l'Algérie.

Art. 8. — Les extraits de carte à joindre aux demandes de permissions de voirie ou de concessions seront établis à l'échelle de 1/50,000.

Art. 9. — Les Ministres de l'Intérieur, des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes, des Finances et de l'Agriculture sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret, qui sera publié au *Journal officiel* de la République française et inséré au *Bulletin des Lois*, ainsi qu'au *Bulletin officiel* des actes du gouvernement général de l'Algérie.

Fait à Rambouillet, le 14 octobre 1909.

A. Fallières.

Par le Président de la République :

Le Président du Conseil,
Ministre de l'Intérieur et des Cultes,
Aristide Briand.

Le Ministre des Travaux publics,
des Postes et des Télégraphes,
A. Millerand.

Le Ministre des Finances,
Georges Cochery.

Le Ministre de l'Agriculture,
J. Ruau.

(*Journal officiel* du 15 octobre 1909.)

Circulaire de M. le Ministre des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes, relative à l'organisation du contrôle dans les communes (1).

Paris, le 8 octobre 1909.

Le Ministre

A M. le Préfet du département d

L'article 16 de la loi du 15 juin 1905 prévoit que le contrôle de la construction et de l'exploitation des distributions d'énergie électrique est exercé, sous l'autorité du Ministre des Travaux publics, par les agents délégués par les municipalités, lorsqu'il s'agit de concessions données par les communes ou les syndicats de communes, ou de permissions de voirie pour les distributions n'empruntant que les voies vicinales ou urbaines.

Le décret du 17 octobre 1907, pris de concert entre les trois départements de l'Intérieur, de l'Agriculture et des Travaux publics, a tracé les grandes lignes de l'organisation de ces services de contrôle municipaux; mais, en réalité,

(1) Ministère des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes. Direction des Routes, de la Navigation et des Mines. Division des Routes et Ponts, 2e bureau. Distributions d'énergie électrique. Organisation du contrôle dans les communes. Circulaire, série A, n° 9.

dans la plupart des communes, le contrôle n'a pas encore été organisé parce que les frais de contrôle que les municipalités sont autorisées à percevoir sur les entreprises, en vertu des articles 11 et 12 de ce décret, seraient insuffisants pour rémunérer les agents spéciaux qu'elles chargeraient de ce service.

Cependant, ce contrôle est nécessaire et obligatoire. Aussi, à défaut d'agents communaux, ce sont les agents de l'État qui, en fait, l'exercent bénévolement pour que l'instruction des affaires ne reste pas en souffrance et soit aussi complète que possible, et pour que les intérêts du public et des entrepreneurs ne se trouvent pas lésés. Mais cet état de choses, contraire aux dispositions de la loi de 1906, ne saurait se prolonger.

Je vous prie de vouloir bien rappeler aux maires l'obligation qui leur est imposée, par la loi, de constituer, pour les distributions établies sur le territoire de leur commune, dans les conditions ci-dessus établies, un service de contrôle qu'ils devront confier à des agents remplissant les conditions prescrites par l'arrêté ministériel du 27 décembre 1907, pris pour l'application de l'article 5 du décret du 17 octobre 1907.

Dans le cas où des communes se trouveraient dans l'impossibilité de recruter un personnel spécial à cet effet, je suis tout disposé, ainsi que vous l'a déjà fait connaître la circulaire du 18 octobre 1907, à autoriser les agents du contrôle de l'État à se mettre à la disposition des communes pour l'exercice du contrôle qui leur est attribué par la loi. Mais l'essentiel, je ne saurais trop insister sur ce point, est que les services de contrôle municipaux soient organisés et fonctionnent régulièrement dans le plus court délai possible.

Veuillez, en m'accusant réception de la présente circulaire, dont j'adresse ampliation aux ingénieurs en chef du contrôle des distributions d'énergie électrique, me faire connaître les mesures que vous aurez prises en vue de son application.

Le Ministre des Travaux publics,
des Postes et des Télégraphes,

A. MILLERAND.

CHRONIQUE FINANCIÈRE ET COMMERCIALE.

Convocations d'Assemblées générales. — *Exploitation d'usines pour la fabrication du gaz et de l'électricité.* Assemblée ordinaire le 30 octobre, 10h, 25, rue de Clichy, Paris.

Compagnie parisienne de l'Air comprimé. Assemblée ordinaire le 8 novembre, 3h, 54, rue Étienne-Marcel, Paris.

Société d'Électricité de Paris. Assemblée ordinaire le 10 novembre, 3h, 75, boulevard Haussmann, Paris.

Société française des Forces hydrauliques du Rhône. Assemblée extraordinaire le 28 octobre, 4h30m, 73, boulevard Haussmann, Paris.

Société ariégeoise d'Électricité. Assemblée ordinaire le 4 novembre, 10h30m, à Pamiers (Ariège).

L'Union électrique. Assemblée ordinaire et extraordinaire le 28 octobre, 10h30m, à Saint-Claude (Jura).

Nouvelles Sociétés. — *Société de distribution d'énergie électrique du Rhône.* Siège social : 20-21, quai de Retz, à Lyon (Rhône). Capital : 1 500 000fr.

Secteur électrique du faubourg Saint-Denis. Siège social : 9, cour des Petites-Écuries. Durée : 25 ans. Capital : 350 000fr.

Société dauphinoise de force et d'éclairage électrique pour généraliser l'emploi de l'électricité dans la grande et spécialement la petite industrie. Siège social : à Valence (Drôme). Durée : 50 ans. Capital : 4 000 000fr.

Force et éclairage. Siège social : 40, rue Gambetta, à Nancy (M.-et-M.). Durée : 99 ans. Capital : 1 000 000fr.

Nouvelles installations d'éclairage électrique. — Une installation électrique est projetée dans les villes suivantes :

Saint-Quay-Portrieux (Côtes-du-Nord). — Le Conseil municipal aurait voté l'éclairage de la ville à l'électricité.

Tournus (Saône-et-Loire). — Le Conseil municipal a, paraît-il, accordé à la Compagnie de la Grosne l'autorisation de voirie en vue de l'installation de l'électricité.

Virey (Saône-et-Loire). — Le maire de cette commune aurait été autorisé à traiter avec les compagnies qui voudront faire des offres pour l'établissement de l'éclairage électrique.

Société d'éclairage et de force par l'électricité à Paris. — Du rapport présenté par le Conseil d'administration à l'Assemblée générale ordinaire du 21 juin 1909, nous extrayons ce qui suit :

Le produit net total de l'exploitation à Paris et dans la banlieue s'est élevé à 1 382 573fr,48.

Au produit net de 1 382 573fr,48 il y a lieu d'ajouter le montant des intérêts du portefeuille, qui s'élèvent à 225 833fr,34.

Le bénéfice de l'exercice est en conséquence de 1 608 406fr,88. Il faut en déduire :

1° 4659fr,77 pour amortissement d'anciennes créances;
2° 340 095fr pour dépréciation;
3° 412 400fr,67 pour annuité d'amortissement de l'exercice 1908, ce qui porte le total de ce compte à 8 272 013fr,13.

Le solde créditeur du compte de Profits et Pertes se trouve être ainsi de 851 251fr,38. De cette somme nous avons à déduire 42 562fr,56 pour la réserve légale. Le montant du compte de Profits et Pertes disponible ressort donc à 808 688fr,82 auxquels vient s'ajouter le report de l'exercice précédent, soit 16 750fr,74, de telle sorte que le bénéfice à répartir au 31 décembre 1908 est de 825 439fr,56.

Nous vous proposons de fixer le dividende de l'exercice 1908 à la somme de 800 000fr, soit 40fr par action, sauf déduction de l'impôt de 4 pour 100 sur le revenu des valeurs mobilières pour tous les titres. Le surplus des bénéfices, soit 25 439fr,56, sera reporté à l'exercice en cours.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1908.

Actif.

Usines de Paris	4 514 118,35
Branchements et compteurs (Paris)	85 926,40
Installations intérieures et matériel d'éclairage public à Paris	243 990,86
Usine de Saint-Ouen	3 786 949,59
Usine de Saint-Denis	343 176,18
Canalisation banlieue	2 284 964,91
Branchements et compteurs (banlieue)	86 068,46
Cautionnements	332 103,10
Mobilier	1,00
Magasins	651 095,14
Comptes courants chez les banquiers de la Société	897 074,99
Comptes courants des abonnés (Paris)	798 723,60
Comptes courants des abonnés (banlieue)	94 767,33
Débiteurs divers	959 571,70
Caisse	74 469,39
Portefeuille	5 163 753,55
Total de l'actif	20 316 754,55

Passif.

Capital	10000000,00
Ordonnances de paiements	220281,04
Créditeurs divers	72584,07
Provision pour règlements divers en faveur du personnel	78834,54
Avances sur consommation des abonnés (Paris).	334837,87
Avances sur consommation des abonnés (banlieue)	57935,91
Restant à payer sur dividendes des exercices antérieurs	4647,46
Compte d'amortissement	8272013,13
Réserve statutaire	440180,97
Profits et Pertes	825439,56
Total du passif	20316754,55

Avis commerciaux. — RAPPORTS COMMERCIAUX DES AGENTS DIPLOMATIQUES ET CONSULAIRES DE FRANCE (¹). — N° 816. *Grèce.* — Mouvement commercial, industriel et agricole de la Thessalie. Navigation du port de Volo en 1908.

N° 817. *Allemagne.* — Commerce et navigation de Brême en 1908.

N° 818. *Grand-duché de Luxembourg.* — Situation de l'industrie et du commerce pendant l'année 1908.

Cours officiels, à la Bourse de Londres, du cuivre « Standard » et du cuivre électrolytique. — Du 27 septembre au 22 octobre 1909 ces cours ont été :

DATES.	CUIVRE « STANDARD ».	CUIVRE ÉLECTROLYTIQUE.
	£ sh d	£ sh d
27 septembre 1909.	59 11 3	60 12 6
28 » » .	59 5 »	60 12 6
29 » » .	59 5 »	60 10 »
30 » » .	59 7 6	60 10 »
1er octobre » .	59 5 »	60 10 »
4 » » .	59 » »	60 5 »
5 » » .	58 7 6	60 » »
6 » » .	58 2 6	59 15 »
7 » » .	57 11 3	59 10 »
8 » » .	58 » »	59 5 »
12 » » .	57 5 »	58 10 »
13 » » .	57 6 3	58 15 »
14 » » .	57 7 6	59 » »
15 » » .	57 15 »	59 5 »
18 » » .	57 17 6	59 5 »
19 » » .	57 17 6	59 5 »
20 » » .	57 10 »	58 15 »
21 » » .	57 5 »	58 10 »
22 » » .	57 » »	58 10 »

NOTA. — La Bourse de Londres est fermée le samedi.

INFORMATIONS DIVERSES.

Génération. — LES FORCES MOTRICES HYDRAULIQUES EN GÉORGIE. — Suivant un article de M. Garnault Agassiz, paru dans le *National Magazine* de septembre, la puissance utilisable totale des chutes d'eau de la Géorgie s'élèverait à 500000 chevaux en basses eaux et 800000 chevaux durant la plus grande partie de l'année.

L'AMÉNAGEMENT DES RICHESSES HYDRAULIQUES DU JAPON. — Sous la signature de M. R. Ducamp, chef du Service forestier de l'Indo-Chine, la *Nature* du 16 octobre publie sur ce sujet un intéressant article d'où nous extrayons les renseignements suivants :

Le Japon est très accidenté et renferme de nombreux lacs qui constituent d'utiles régulateurs de l'écoulement des eaux. Les montagnes sont, de façon générale, assez boisées; les lois et règlements forestiers sont très sévères, et de grands travaux de reboisement, de correction des torrents et d'endiguement des rivières ont été entrepris et poursuivis avec méthode. Il y existe quelques neiges persistantes, mais pas de glaciers proprement dits. Les pluies sont très abondantes, surtout dans le Sud; à Nagasaki, par exemple, la hauteur d'eau pluviale annuelle atteint $2^m,20$.

Un syndicat japonais s'est fondé pour l'aménagement des richesses hydrauliques, en vue de l'irrigation et de la production de la force motrice. Il est dirigé par M. Socoda, président de quinze banques, et compte parmi ses actionnaires un grand nombre de financiers influents. C'est avant tout un groupement national, mais, en raison de la situation financière du Japon, il a dû demander le concours d'un groupe anglais. Le capital de 43 millions est souscrit moitié par le groupe japonais, moitié par le groupe anglais, mais il est stipulé que le tiers au plus du capital souscrit pourra être dépensé en Europe.

On a commencé l'aménagement d'une chute de 185^m de la rivière Oi, capable de fournir une puissance de 60000 chevaux. Une partie de cette puissance sera transmise à Tokyo, où des contrats ont déjà été passés; les lignes alimenteront au passage Yokohama et dirigeront le surplus vers le Sud sur Kioto, Osaka et Kolie, à plus de 400^{km} de l'usine génératrice.

La seconde concession que se propose d'exploiter le syndicat est située dans les Alpes japonaises, à peu de distance de la précédente; la chute disponible est de 1000^m et pourra être utilisée en une seule colonne; elle fournira une puissance d'au moins 100000 chevaux.

Transmission. — ESSAIS DE TRANSMISSION A 100000 VOLTS. — Le 10 juillet dernier des essais à 100000 volts ont été effectués sur une distance de 200 milles (322^{km}) entre Shoshone et la sous-station de la Central Colorado Power Company alimentée par la Denver Gas and Electric Company.

PROJET DE TRANSMISSION D'ÉNERGIE DE LA SUÈDE AU DANEMARK. — L'abondance de la force motrice hydraulique en Suède et la faible largeur du Sund qui sépare la Suède du Danemark ont fait envisager la possibilité de transmettre et distribuer au Danemark l'énergie captée en Suède.

L'énergie serait fournie par le Lagu, rivière de 30^{km} environ, au cours rapide, qui se jette dans le Sund non loin de la vieille cité suédoise d'Helsingborg et qui présente une chute de 100^m à moins de 2^{km} de son embouchure. Cette énergie serait transmise à Helsingborg par

(¹) Ces documents sont tenus à la disposition des adhérents qui désireraient en prendre connaissance au Secrétariat général du Syndicat des Industries électriques, 11, rue Saint-Lazare.

ligne aérienne; des câbles sous-marins traversant le Sund la transmettraient ensuite à Helsingör, ville danoise située sur la rive sud du Sund à 5^{km} à vol d'oiseau d'Helsingborg; des canalisations aériennes la transmettraient alors aux principales villes danoises et en particulier à la capitale, Copenhague.

Traction. — Projet de métropolitain souterrain a Vienne. — Dans la *Zeits. des œsterr. Ing. Ver.* des 25 juin et 2 juillet, M. K. Hochenegg fait une étude d'un projet de deux lignes métropolitaines se coupant à angle droit au centre de la ville et reliant, l'une la Sezession à Morzinplatz, l'autre l'église votive à la Stabenbrücke. La première de ces lignes, que l'auteur étudie plus spécialement, aura une longueur de 1600^m et présentera à ses deux extrémités des rampes qui la ramèneront au milieu de la chaussée; sur toute sa longueur elle pourra être exécutée en tranchée, le tunnel se trouvant partout à une faible profondeur sous la chaussée. Cette ligne pourra être raccordée aux tramways, dont elle aura la largeur de voie. Son prix de revient est évalué à 7500000 couronnes et les frais d'exploitation à 1251375 couronnes. Les recettes probables ne seraient pas suffisantes pour couvrir ces dépenses, mais la perte serait plus que compensée par les bénéfices supplémentaires que réaliserait la station municipale d'électricité du fait de la vente de courant.

Le percement des tunnels dans les terrains aquifères au moyen de la congélation. — On sait que dans l'exécution des travaux du Métropolitain de Paris, au voisinage de la place Saint-Michel, on a employé la congélation du terrain pour lui donner la solidité nécessaire au creusement des tunnels. Dans une communication faite au Congrès français du Froid qui eut lieu à Lyon du 1er au 3 octobre dernier, M. Poullain a donné la description de ces travaux en insistant sur les difficultés rencontrées.

Il fait remarquer que la congélation est loin d'être aussi aisée pour la progression dans le sens horizontal que dans le sens vertical, comme dans le cas du forage des puits; le moindre courant d'eau, pour peu que sa direction coïncide avec celle d'un des doubles tubes à circulation de saumure enfoncés dans le terrain, compromet irrémédiablement le succès de l'opération, et il faut alors recourir à la cimentation, c'est-à-dire à l'injection d'un coulis de mortier de ciment; l'obligation de se déplacer en courbe oblige aussi à modifier le tracé et à congeler une portion polygonale de terrain à l'intérieur de laquelle le futur tunnel est inscrit; la nécessité de déplacer l'installation frigorifique tous les 200^m ou 300^m complique encore le problème.

M. Poullain pense qu'une machine à ammoniaque de 125000 frigories-heure, fournissant de la saumure à —20°, suffit dans tous les cas où la congélation est possible; il est bon que la machine frigorifique soit double de façon à éviter les inconvénients d'une panne. M. Poullain ne pense pas que, pour les tunnels à grande section, on puisse employer le système, qui, à sa connaissance, n'aurait été employé qu'une fois, en Suède, pour un tunnel peu profond et de petite section, et qui consiste à congeler le terrain par le bouclier d'une chambre de travail dans laquelle on fait détendre de l'air comprimé jusqu'à abaisser sa température à — 20°.

Les chemins de fer électriques transpyrénéens. — La *Revue industrielle* du 2 octobre donne les renseignements suivants sur la genèse des lignes de chemins de fer électriques transpyrénéennes actuellement en construction:

Jusqu'à ce jour il n'existe que deux passages seulement pour les voies ferrées : Irun à Hendaye à l'Ouest (ligne créée en 1868) et Cerbère à Port-Bou à l'Est (ligne ouverte en 1878). Les cols intérieurs à la chaîne, tels que ceux de Somport, de Salau, de Puymorens, étaient parcourus par des diligences ou des voitures; mais l'établissement d'une voie ferrée avait été jusqu'ici reculé. L'emplacement d'une ligne nouvelle donnait, en effet, matière à bien des discussions. Dès 1880, des négociations avaient été entamées entre la France et l'Espagne. Mais le Gouvernement espagnol, pour des raisons politiques et économiques, la Compagnie du Nord de l'Espagne, pour des raisons techniques, désiraient vivement utiliser le col de Somport reliant Oloron à Zuera (Aragon). Malheureusement ce tracé ne satisfaisait aucun intérêt français, car il aboutissait dans le pays basque, déjà desservi par la ligne de Bayonne-Irun, et il était trop détourné pour constituer une voie internationale rapide. La Compagnie du Midi proposait un autre tracé, plus direct, de Mauléon à Roncal, et surtout un tracé par le col de Salau, reliant Saint-Girons à Lérida. Mais ce dernier projet, avantageux pour la France, était très onéreux pour l'Espagne, qui avait à exécuter des travaux d'art très considérables, dans une région relativement pauvre et peu commerçante, entre le col de Lérida et la vallée de l'Èbre.

Cinq années (1880-1885) se passèrent ainsi en échange de vues assez contradictoires. Une convention intervint alors, qui, pour donner satisfaction aux deux parties, décida la construction des deux lignes : celle de Somport et celle de Salau. Par suite de la réduction des échanges résultant de notre protectionnisme à outrance, l'exécution de ces lignes a été retardée comme inutile. Depuis 1894, la question, reprise, traîne en longueur, et ne serait pas encore près d'aboutir, si l'application de l'électricité n'était pas venue modifier de fond en comble les conditions de construction des lignes de montagne. En permettant le transit sur des pentes beaucoup plus fortes, elle réduit les frais de premier établissement. Un certain libéralisme économique et politique s'en mêlant, les négociations viennent d'être reprises avec succès et deux lignes sont en construction : 1° celle du Somport (Bedous à Jaca); 2° celle du Puymorens (Ax-les-Termes à Ripoll).

Les dépenses prévues pour la France sont de 62 millions pour le premier tracé, 28 millions pour le second.

On annonce enfin, pour l'avenir, la troisième ligne : celle du Salau (Saint-Girons à Lérida), qui coûterait 27 millions.

La ligne du Somport remonte la vallée d'Aspe, d'Oloron à Bedous. Le tunnel n'aura que 7800^{km}. La rampe maxima est de 43^{mm}. L'énergie proviendra d'une usine hydro-électrique établie dans la vallée d'Ossau.

La ligne du Puymorens aura comme pente maxima 40^{mm} au jour et 34^{mm} dans le tunnel, celui-ci de 5020^{m} seulement. L'énergie lui sera fournie par le lac de Lanoux et par le réservoir de Bouillousse récemment créé pour la ligne électrique de Villefranche à Bourg-Madame.

Télégraphie et Téléphonie. — Organisation du service téléphonique et télégraphique en Espagne. — D'après une loi récemment publiée, une somme de 10 millions sera consacrée à la réorganisation et au développement du télégraphe et du téléphone. De cette somme 1900000^{fr} seront employés aux lignes du pays, 2100000^{fr} aux câbles sous-marins, 4600000^{fr} à l'installation de nouvelles lignes télégraphiques et téléphoniques, 100000^{fr} à l'achat des appareils téléphoniques. 382 localités de plus de 4000 habitants, 846 de 2000 à 4000 habitants seront desservies par le service télégraphique, et 1235 localités de moins de 2000 habitants seront reliées par le réseau téléphonique. Le reste de la somme est destiné à l'installation du télégraphe dans les agglomérations de moins de 2000 habitants, qui sont prêtes à fournir elles-mêmes les poteaux télégraphiques nécessaires; leur nombre en est évalué à 1235.

Radiotélégraphie. — Incendie d'un poste de télégraphie sans fil. — La station de télégraphie sans fil de Glace Bay (Nouvelle-Écosse) a été en partie détruite par le feu le 21 août. Pendant la durée des travaux de reconstruction, les communications transatlantiques se feront par la station du Cape Cod dans le Massachusetts.

La télégraphie sans fil en Angleterre. — L'Amirauté britannique apporte une attention particulière au développement de la télégraphie sans fil le long des côtes. Sur la côte Est, les stations de télégraphie sans fil appartenant à des particuliers seront utilisées par la Marine, et l'on en installera de nouvelles en des points d'une importance stratégique. En cas de guerre, le personnel actuel de ces stations sera appelé à servir sur la flotte et sera remplacé par des volontaires de la Marine. On a pris des mesures pour l'instruction de ces derniers.

La sensibilité des dispositifs récepteurs actuels de télégraphie sans fil. — MM. Ducretet et Lejeune nous signalent les faits suivants qui montrent à quelle sensibilité sont aujourd'hui arrivés les dispositifs de récepteur de télégraphie sans fil.

« Au cours de quelques expériences de réception entreprises pendant la nuit sur le poste de télégraphie sans fil installé dans notre laboratoire de la rue Claude-Bernard, il nous a été possible, malgré les faibles dimensions de l'antenne employée qui ne dépasse guère que de quelques mètres la hauteur de la maison et malgré la présence de nombreux obstacles de toute sorte qui l'environnent, de saisir des radiotélégrammes provenant de postes d'émission situés à une telle distance que, sans l'évidence du résultat, on se refuserait à croire qu'il puisse être obtenu.

» Le 14 septembre, vers 10 heures du soir, on a pu entendre distinctement les signaux envoyés par le cuirassé *Justice* se rendant à New-York pour représenter la France aux fêtes du tricentenaire de la ville. Ce navire se trouvait en ce moment à plus de 2 jours de marche de Brest, d'où il avait appareillé, soit à plus de 2200^{km} de Paris.

» Le 20 septembre, vers 11 heures du soir, il a été possible de percevoir les télégrammes transmis au cours des essais du nouveau poste d'Oran (Algérie) et échangés avec les postes de Toulon et de Bizerte, soit à une distance d'environ 1500^{km}.

» Enfin, tous les soirs, on peut percevoir nettement sur notre poste les signaux émanant des différents postes en correspondance avec la tour Eiffel : Cherbourg, Rochefort, Saintes-Maries-de-la-Mer, près Marseille, etc., ainsi que les différents échanges de message entre divers navires des escadres : *Saint-Louis*, *Patrie*, *Démocratie*.

» Ces résultats sont obtenus au moyen de notre récepteur électrolytique, muni de nos téléphones spéciaux de grande sensibilité, accouplés à notre dispositif d'accord à spirales à self et accouplement variables. »

Électrochimie. — Installation de purification de l'eau par l'ozone pour Saint-Pétersbourg. — Vu les résultats peu satisfaisants donnés pendant l'épidémie de choléra qui sévit depuis plus d'un an à Saint-Pétersbourg, par l'épuration de l'eau de la Néva par des filtres à sable ordinaire, la Douma municipale et les autorités de la ville ont décidé de faire ériger une grande usine de fabrication de l'ozone pour effectuer la purification de l'eau préalablement filtrée sur des filtres rapides système Howatson. Les ozoneurs, du système combiné Siemens-de-Frise-Otto, seront installés ainsi que la partie électrique par la Siemens et Halske A.G. et les Felten und Guilleaume-Lahmeyer Werke.

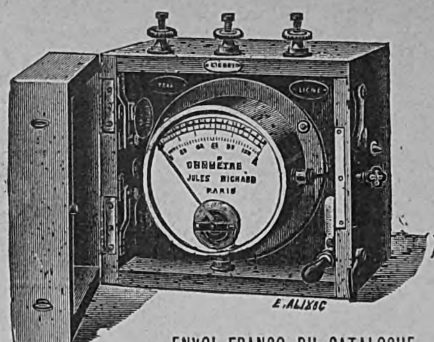


LAMPE "Z"

FABRICATION FRANÇAISE



MESURES ÉLECTRIQUES, ENREGISTREURS ET APPAREILS DE TABLEAUX



ENVOI FRANCO DU CATALOGUE

Courants continus, courants alternatifs simples et polyphasés

NOUVEAUX MODÈLES absolument **APÉRIODIQUES** Brevetés S.G.D.G.

Pour traction électrique : électromobiles, tramways, chemins de fer

Ampèremètres, voltmètres, wattmètres.
Modèle électromagnétique à apériodicité réglable sans aimant permanent.
Modèle apériodique de précision à cadre, système d'Arsonval, Ampèremètres à shunts.
Modèle thermique sans self-induction, apériodique, à consommation réduite.
Compteur horaire, **Boîtes de contrôle, ohmmètres**, etc.

Jules RICHARD, Fondateur et Successeur de la Maison RICHARD, Frères.
25, r. Mélingue (Anc. Imp. Fessart), PARIS. Exposit. et vente : 10, r. Halévy (Opéra)







LAMPE "MÉTAL"

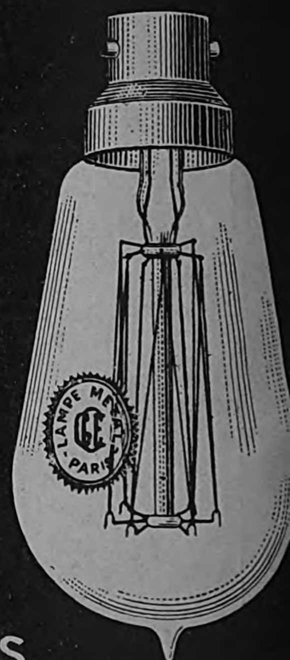
UN WATT PAR BOUGIE

PRIX - 2f.50 75% d'Economie

La Lampe "MÉTAL" de 16 Bougies
consomme moins
qu'une Lampe ordinaire de 5 Bougies

Demander la Marque "MÉTAL" chez tous les Electriciens

Dépôt : 10, Rue Gaillon . Paris



Paris. — Imprimerie GAUTHIER-VILLARS, quai des Grands-Augustins, 55.

43751 *Le Gérant :* GAUTHIER-VILLARS.

6e Année. — TOME XII. N° 141 — 15 NOVEMBRE 1909.

LA REVUE ÉLECTRIQUE

ORGANE

DE L'UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ

Publiée sous la direction de J. BLONDIN, Agrégé de l'Université, Rédacteur en chef,

Avec la collaboration de :

MM. Armagnat, Becker, Bourguignon, Courtois, Da Costa, Jacquin, Jumau, Goisot, J. Guillaume, Labrouste, Lamotte, Mauduit, Raveau, G. Richard, Turpain, etc.

Revue paraissant deux fois par mois.

Abonnement. Paris . 25 fr. — Départements : 27 fr. 50. — Union postale : 30 fr. — **Le Numéro : 1 fr. 50.**

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,

Quai des Grands-Augustins, 55.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J. Blondin, 171, Faubourg Poissonnière, Paris (9e).

Tome XII. N° 141. — 15 novembre 1909.

LA REVUE ÉLECTRIQUE

CHRONIQUE.

Il y a près de deux ans nous signalions dans une Chronique **l'introduction de la commande électrique dans l'industrie textile** (1). Nous basant sur les études publiées peu de temps auparavant dans les journaux techniques étrangers par MM. Morelli, Woodhouse, Wilson, Pope, etc., nous indiquions les avantages que présente l'emploi du moteur électrique pour actionner les métiers à tisser et à filer, et en même temps nous faisions observer que d'après la plupart de ces auteurs les filateurs et tisseurs ont intérêt à acheter l'énergie électrique aux grands réseaux de distribution plutôt que de la produire eux-mêmes. Nous ajoutions qu'à cette époque plus de 250000 chevaux étaient déjà utilisés aux États-Unis et au Canada pour la commande électrique des métiers à tisser et qu'en Europe cette application nouvelle de l'électricité, sans avoir pris encore un développement aussi intense, commençait à se répandre, principalement en Angleterre et en Italie.

Depuis que nous appelions sur lui l'attention de nos lecteurs, ce sujet est resté à l'ordre du jour des sociétés techniques anglaises, et, en juillet dernier, l'un des ingénieurs déjà cités, M. H.-W. Wilson, faisait à ce propos une communication au meeting de Liverpool de l'Institution of Mechanical Engineers.

Nous ne croyons pas devoir insister sur cette communication dans laquelle nous n'avons pas trouvé d'arguments vraiment nouveaux en faveur de l'application de l'électricité à l'industrie textile. Signalons seulement que l'auteur y rappelle aux industriels qu'ils ont aujourd'hui, dans la turbine à basse pression utilisant la vapeur d'échappement des machines à pistons, un moyen d'augmenter considérablement la puissance de leurs installations de force motrice sans augmenter sensiblement leur dépense de charbon, ce qui, avec l'emploi de la commande par l'électricité, leur donne la faculté d'accroître dans une proportion très importante le nombre de leurs métiers à tisser et à filer. Pour les autres détails, nous renverrons simplement au texte original (1) ceux de nos lecteurs que la question intéresse particulièrement.

Il est certain que cette question ne peut avoir en France une aussi grande importance qu'en Angleterre, où l'industrie textile tient une place prépondérante; il existe cependant dans notre pays un assez grand nombre de filatures et de tissages ac-

(1) *La Revue électrique*, t. IX, 15 janvier 1908, p. 6.

(1) *Electrician*, t. LXIII, 30 juillet 1909, p. 631.

tionnés par l'électricité, et l'on trouvera page 327 quelques renseignements succincts sur une installation importante de ce genre faite dans les Vosges par la Compagnie électromécanique.

*
* *

Le **chemin de fer électrique Montreux-Glion** a été inauguré au cours de cette année. On verra, par la description très détaillée qu'en donne M. G. Zindel pages 330 et suivantes, que la construction de cette ligne présentait des difficultés considérables, tant à cause du peu de place dont on disposait aux stations terminus qu'à cause de la grande différence d'altitude de ces stations, 294^m, qu'il fallait rattraper par une ligne de 2800^m de longueur seulement. Trois locomotives spéciales, prévues pour un service par adhérence seule, ou par crémaillère seule, ou enfin pour un service combiné, ont été construites dans les Ateliers de construction Œrlikon pour assurer la traction sur cette ligne; une description complète de ces locomotives est donnée dans l'article.

*
* *

L'idée de l'**utilisation de l'électricité à la propulsion des navires** n'est pas nouvelle. Il y a une dizaine d'années, alors que les importants progrès récemment réalisés dans la construction des moteurs à explosion pouvaient faire croire que la vapeur serait supplantée à brève échéance par le gaz, quelques ingénieurs envisagèrent la possibilité d'actionner les navires par des gazogènes et des moteurs à gaz, en utilisant comme intermédiaires des génératrices et des moteurs électriques. Les résultats de leurs études étaient d'ailleurs favorables à cette solution: non seulement le prix de premier établissement n'était pas augmenté, mais encore l'emplacement nécessaire se trouvait réduit et surtout on réalisait ainsi une importante économie de combustible.

L'adoption des turbines à vapeur dans les grands navires de guerre ou de commerce de construction récente est venue remettre d'actualité la question de l'emploi de l'électricité comme intermédiaire dans la propulsion des navires. C'est qu'en effet la turbine à vapeur, supérieure à la machine à pistons au point de vue de l'économie de vapeur et de l'encombrement, présente sur celle-ci deux graves inconvénients pour la propulsion des navires : elle tourne normalement trop vite pour que, directement accouplée à l'hélice, celle-ci ait un rendement satisfaisant et, d'autre part, elle ne peut tourner que dans un sens et, dès lors, ne peut permettre directement la marche arrière. On pourrait, il est vrai, remédier à ces inconvénients par l'intercalation d'un train d'engrenage réducteur et de changement de marche entre l'arbre de la turbine et celui de l'hélice, et cette solution a ses partisans. Mais on a généralement préféré conserver l'accouplement direct et réduire la vitesse angulaire de la turbine en augmentant ses dimensions en même temps qu'on donnait aux hélices une forme appropriée aux nouvelles conditions de vitesse; toutefois, cette solution n'est pas sans diminuer l'économie qu'on pourrait obtenir et elle ne permet pas toujours d'éviter le phénomène de la cavitation si préjudiciable au rendement des hélices propulsives. Quant à la marche arrière, elle est ordinairement obtenue avec une hélice spéciale, commandée par une turbine spéciale, qui n'est mise en fonction que quand le navire a des manœuvres à effectuer dans les ports; cette installation complémentaire encombre donc inutilement le navire pendant la plus grande partie d'une traversée.

Dans ces conditions il est évident qu'un accouplement électrique entre l'arbre de la turbine et l'arbre de l'hélice est tout indiqué. Il permettrait, en effet, de profiter de tous les avantages qu'offre la turbine à vapeur pour la commande des alternateurs, en même temps que de la souplesse que présente le moteur électrique pour la réduction de la vitesse et le renversement du sens de rotation de l'arbre de l'hélice. Aussi diverses solutions de ce genre ont-elles été récemment préconisées par Parsons, Brown-Boveri, Siemens, Mavor et Durtnall. Ce sont ces solutions qu'indique M. Chalkley dans l'article qui est résumé page 345.

Mais, si ces solutions paraissent de prime abord avantageuses à divers points de vue, on peut se demander si elles sont économiques. Dans une partie de son article, non analysée dans le résumé, M. Chalkley répond à cette question par des chiffres.

Il fait observer que sur le *Dreadnought*, qui, on le sait, est muni de turbines à vapeur, la consommation de vapeur à pleine charge est, y compris les services auxiliaires, de $5^k,95$ de vapeur par cheval-heure sur les arbres des hélices. La puissance nécessaire à la marche la plus rapide étant de 30000 chevaux, cette puissance pourrait être fournie par quatre groupes électrogènes de 6000 kw dont la consommation de vapeur ne dépasserait pas, d'après les garanties des constructeurs, $5^{kg},47$ par kilowatt-heure, y compris tous les services accessoires. En admettant un rendement des moteurs électriques de 0,95, on aurait sur les arbres des hélices la puissance requise, et avec une dépense de vapeur de seulement $4^{kg},70$ par cheval-heure.

L'économie de vapeur serait donc de 21 pour 100, entraînant non seulement une économie de charbon de même grandeur, mais encore une réduction importante de l'emplacement occupé par les chaudières

et les approvisionnements en combustible, avantages des plus importants pour un navire de guerre.

A vitesse réduite, l'économie serait encore plus importante, car d'une communication faite l'an dernier par M. Bell, à l'Institution of Naval Architects, il résulte que sur le *Lusitania* la consommation de vapeur, qui est de $5^{kg},17$ par cheval sur l'arbre pour une vitesse de 25,4 nœuds, s'élève à $8^{kg},60$ quand la vitesse tombe à 15,8 nœuds, s'accroissant ainsi d'environ 40 pour 100. Il est vrai qu'en marche à faible vitesse le rendement d'une installation à accouplement électrique serait aussi plus faible qu'en marche à grande vitesse, mais l'accroissement de la consommation de vapeur ne serait certainement pas aussi grand que celui qui vient d'être indiqué.

Il convient aussi de ne pas oublier que, dans les applications actuelles de la turbine à la propulsion des navires, on n'a pas, pour diverses raisons spéciales, employé de la vapeur surchauffée. Or, avec les groupes électrogènes, l'emploi de la surchauffe est tout indiqué, et avec une surchauffe de 100° à 150° on réaliserait une nouvelle économie de vapeur d'environ 7 pour 100, ce qui porterait à 28 pour 100 l'économie réalisable sur le *Dreadnought* dans la marche à pleine vitesse.

M. Durtnall, dans une communication faite en septembre dernier à la London Association of Foreman Engineers and Draughtsmen, a d'ailleurs confirmé l'ordre de grandeur de l'économie réalisable : de ses calculs relatifs à un navire du type *Lusitania* il résulte, en effet, que l'application de son système de commande électrique conduirait à une économie de 31 pour 100 de combustible.

Quoiqu'il soit toujours prudent de n'accueillir qu'avec réserves les résultats de calculs de prix de revient faits par des intéressés, il semble donc établi que la propulsion des navires par l'intermédiaire du moteur électrique est véritablement économique. Et comme l'économie ainsi réalisée va en croissant à mesure que la vitesse de marche du navire diminue, il est à présumer que pour les grands cargo-boats, les grands navires à marchandises, qui n'ont pas besoin d'une vitesse considérable, l'économie serait très importante. Il est donc permis d'espérer que les maisons de constructions électriques trouveront bientôt dans la marine un nouveau débouché.

On peut d'ailleurs déjà citer des exemples de l'application de l'électricité à la propulsion des navires. A Chicago, un bateau à incendie est équipé avec deux groupes électrogènes à turbo-alternateurs alimentant des moteurs électriques commandant les hélices; quand le bateau est parvenu sur le lieu de l'incendie, les turbines sont directement attelées aux pompes à incendie. En Russie, on a récemment mis en service un navire à moteur Diesel, dans lequel l'hélice est commandée par l'intermédiaire d'un accouplement électrique tant que la vitesse est au-dessous de sa valeur normale; quand celle-ci est atteinte, un embrayage magnétique relie directement le moteur à l'arbre de l'hélice. Ce sont là évidemment des applications tout à fait spéciales dont on ne saurait augurer l'avenir de la propulsion des navires par l'électricité. Mais il paraît que ces applications ont donné entière satisfaction, montrant ainsi que les avantages de la commande par l'intermédiaire de l'électricité ne sont pas seulement théoriques.

* * *

La nouvelle **lampe à arc Bardon, à charbons convergents**, décrite page 346, est spécialement destinée à l'éclairage par arc à flamme. Elle présente plusieurs particularités de construction intéressantes.

* * *

En voyant l'éclairage luxueux des wagons modernes des grandes lignes de chemins de fer, on a peine à croire qu'on ait pu se contenter jusqu'à ces dernières années de l'unique quinquet fumeux qui était chargé d'éclairer tout un compartiment. Et cependant, il suffit de voyager sur une ligne secondaire pour constater que l'ancien mode d'éclairage n'a pas encore disparu.

Les wagons des nombreux chemins de fer vicinaux qui sillonnent la Belgique ne sont guère mieux partagés que nos antiques wagons; deux lampes à pétrole, donnant cinq bougies chacune, quand elles sont neuves, doivent assurer l'éclairage d'un wagon entier.

Dans une communication faite récemment devant la Société belge d'électriciens, et qui est analysée page 347, M. Leboucq montre que **l'éclairage électrique des chemins de fer vicinaux** permettrait de disposer de 64 bougies par wagon, fournies par quatre lampes de 16 bougies, sans qu'il en résulte une augmentation des dépenses. Le système préconisé par M. Leboucq consiste à installer dans le fourgon un petit groupe électrogène à pétrole.

* * *

Les propriétés du radium ont toujours étonné les physiciens et exercé leur sagacité. On se souvient sans doute que, dès la découverte de ce corps par M. et Mme Curie, on s'est demandé par quel phénomène nouveau il était capable de constamment rayonner de l'énergie, en quantité relativement énorme par rapport à sa masse, puisque même au bout d'un temps très long la balance la plus sensible ne pouvait accuser une diminution de

cette masse. Et quelques physiciens n'hésitèrent pas à proclamer alors que le principe de la conservation de l'énergie se trouvait en défaut. Fort heureusement pour la généralité de ce principe, l'une des bases fondamentales de la Physique et de la Mécanique, on ne tarda pas à avoir la preuve que la source de l'énergie rayonnée par le radium avait son origine dans une transformation d'ordre chimique : la transformation du radium en une autre substance qu'on appela l'émanation du radium.

Mais si le principe de la conservation de l'énergie était sauvé, un principe non moins important, celui de la conservation intégrale de l'atome des corps simples, se trouvait en défaut. Cette désagrégation de l'atome matériel du radium n'est d'ailleurs pas un fait isolé, et, après avoir montré que l'atome de radium donne l'émanation par une première désagrégation, divers savants, parmi lesquels Rutherford, établirent, d'une manière inégalement probante toutefois, que par des désagrégations successives l'émanation du radium fournit : d'abord six autres corps qu'on a désignés par radium A, radium B, etc., dont l'un, le radium F, ne serait autre que le polonium, puis, par une nouvelle suite de désagrégations, le plomb peut-être, et, certainement comme produit ultime, l'hélium. En même temps ces mêmes savants étaient conduits à admettre que le radium lui-même ne serait qu'un produit de désagrégation de l'uranium en passant par l'actinium. Ainsi donc le radium ne serait qu'un des maillons d'une chaîne de corps dérivant les uns des autres par des désagrégations de leurs atomes; le radium aurait par suite une ascendance et une descendance, comme l'exposait très clairement notre collaborateur C. Raveau dans un article publié ici il y a trois ans et auquel nous renvoyons les lecteurs ([1]).

Mais ce n'est pas tout. Non seulement les corps radioactifs naissent les uns des autres et donnent en fin de compte des corps non radioactifs, mais encore ils sont capables de provoquer des transformations des corps avec lesquels on les met en présence. Il semble en effet résulter d'expériences de Ramsay, datant déjà de quelques années, que sous l'influence de l'émanation du radium le cuivre se transforme en lithium, et d'expériences plus récentes de Ramsay et Usher, que le silicium, le titane, le zirconium, le plomb, etc., se transforment en carbone. La transmutation des métaux, cette vieille croyance des alchimistes, ne serait donc pas une utopie. Quelques personnes ont cru pouvoir en conclure qu'il n'y a plus qu'un pas à faire pour arriver à réaliser le rêve des alchimistes : la transmutation du plomb en or. Mais comme il est fait remarquer dans l'article sur la **transmutation des métaux sous l'influence du radium**, publié page 349, la possibilité d'une telle transformation est théoriquement improbable, le plomb et l'or n'appartenant pas à la même famille chimique. Tout ce que nous pourrions espérer, en nous basant sur les résultats de Ramsay, c'est arriver à transformer l'or en cuivre, ces deux métaux faisant partie de la même famille chimique et l'or venant avant le cuivre si l'on range les corps de cette famille par ordre de poids atomiques décroissants, et cette solution n'est évidemment pas celle qu'escomptent ceux qui croient voir dans la transmutation des métaux un moyen de faire fortune. Quant à la transformation inverse, consistant à remonter du cuivre à l'or, elle n'est peut-être pas rigoureusement impossible, car, si l'or se transforme en cuivre en abandonnant de l'énergie, on conçoit qu'on puisse transformer le cuivre en or en fournissant de l'énergie aux atomes de cuivre. Des expériences faites sur les produits de désagrégation de l'atome de radium semblent en effet, quoique loin d'être probantes, indiquer que le phénomène inverse de la désagrégation de l'atome est possible. En tout cas on peut affirmer que la dépense d'énergie nécessaire à la transformation de l'atome de cuivre en atome d'or est énorme et que les frais de la transformation, si jamais elle est réalisée, donneront à l'or artificiel une valeur supérieure à celle de l'or naturel. Si donc la transmutation des métaux est possible d'après les expériences de Ramsay, ce n'est pas dans le sens où l'entendaient les alchimistes.

Dans une Note à l'Académie des Sciences, signalée page 350, M. Besson relate quelques mesures qui paraissent montrer une **influence de la Lune sur la radioactivité atmosphérique** : cette radioactivité est plus grande au moment du passage de la Lune au méridien qu'au moment de son passage au méridien antipode.

Comme le fait remarquer l'auteur, cette constatation donne une base scientifique à la croyance populaire de l'influence de la Lune sur les perturbations atmosphériques : les ions libres de l'atmosphère constituant des centres de condensation très actifs de la vapeur d'eau, on conçoit dès lors que le mouvement de la Lune puisse amener le beau temps ou la pluie.

Toutefois cette corrélation entre la radioactivité et le passage de la Lune au méridien ne suffit pas encore pour expliquer l'influence que les paysans et les marins attribuent aux changements de phase de la Lune sur les changements du temps, puisque les changements de phase n'ont lieu que tous les sept jours.

J. Blondin.

([1]) *La Revue électrique*, t. VI, 30 décembre 1906, p. 376.

UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ.

Siège social : boulevard Haussmann, 63, Paris. — Téléph. : 276-35.

Syndicats adhérents à l'Union : Syndicat des forces hydrauliques, de l'électrométallurgie, de l'électrochimie et des industries qui s'y rattachent; Syndicat professionnel des industries électriques; Syndicat professionnel des industries électriques du Nord de la France; Syndicat professionnel de l'industrie du gaz (Usines électriques du); Syndicat professionnel des usines d'électricité.

UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ.

Vingt et unième Bulletin bimensuel de 1909.

Sommaire : Circulaire de M. le Ministre des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes, du 17 mars 1909, relative à l'emprunt des voies ferrées par des distributions d'énergie électrique et à la nécessité de ne les autoriser que dans des cas exceptionnels, p. 351.

SYNDICAT PROFESSIONNEL DES INDUSTRIES ÉLECTRIQUES.

Siège social : rue Saint-Lazare, 11.

Téléphone : 238-60.

Vingt et unième Bulletin bimensuel de 1909.

Traversées des voies ferrées par les canalisations électriques.

La Revue électrique a publié dans son numéro du 30 avril 1909 (p. 299) un rapport de M. Schlumberger sur les traversées des voies ferrées par les canalisations électriques.

Sur la demande d'un certain nombre d'électriciens, il a été décidé que ledit Rapport ferait l'objet d'un tirage spécial mis en vente au prix de $0^{fr},30$ l'exemplaire.

Nous prions ceux de nos adhérents qui désireraient recevoir cette brochure de nous adresser leurs souscriptions avant le 21 novembre.

Tarif des douanes françaises.

Décisions réglementaires récentes relatives au classement des marchandises.

Désignation des marchandises.	Classement.
Supports pour lampes à incandescence, à douilles simples ou multiples solidaires d'un bouchon en forme de culot de lampe à incandescence (*à baïonnette* ou *à vis*).	V. *Appareils électrotechniques* (n° 524 *bis*). Support adapté au bouchon à taxer comme *pièce électrique* (n° 536).
Batteries de condensateurs.	V. *Appareils électriques et électrotechniques* selon l'espèce (n° 524 *bis*). Chaque batterie disposée sur un même bâti commun est considérée comme ne formant qu'un appareil.
Isolateurs *blindés* pour les fils télégraphiques (cloche en porcelaine avec revêtement en tôle).	Droit des *Ouvrages en tôle*, selon l'espèce, sur le poids total (n° 568).
Pséphographe (appareil totalisateur automatique avec mouvement d'horlogerie).	Même régime que les *Compteurs de tours* (n° 505).
Régulateurs de glissement (bassin en fer muni d'électrodes et accouplé à un moteur électrique).	Droit des *Machines dynamo-électriques* sur le moteur et des *Appareils électrotechniques* sur le surplus de l'appareil (n°s 524 et 524 *bis*).

L'électricité à Brousse.

(*Communication de la Chambre de Commerce française de Constantinople.*)

La concession d'énergie électrique que peuvent produire les chutes d'eau voisines de Brousse a été accordée à la municipalité de cette ville, qui doit établir l'éclairage électrique et des tramways électriques dans la cité. Le concessionnaire pourra probablement fournir aussi la force nécessaire pour actionner les filatures de soie, nombreuses à Brousse, qui sont actuellement mues par la vapeur.

La municipalité est disposée à transférer la susdite concession à une Société formée à cet effet ou à toute autre personne. Les conditions sont à débattre; une partie du bénéfice doit revenir à la municipalité.

Le concessionnaire pourra être Ottoman ou étranger; dans ce dernier cas il sera soumis aux lois ottomanes.

Les personnes qui désireraient obtenir cette concession doivent adresser une demande officielle, sous pli cacheté, au vilayet de Brousse avant le 13 décembre prochain en donnant la preuve de leur capacité financière.

Une commission *ad hoc* examinera les propositions à l'échéance du délai ci-dessus.

La Chambre de Commerce française de Constantinople tient le contrat et le cahier des charges (1) passés

(1) On peut consulter le cahier des charges (texte en langue ottomane) tous les jours non fériés, de 10^h à midi et

entre l'ex-concessionnaire et le Ministère des Travaux publics à la disposition des intéressés. Ces documents sont rédigés en turc.

L'électricité à Lucknow (Indes anglaises).

(*Communication de la Chambre de Commerce de Paris.*)

Le Conseil municipal de Lucknow est disposé à examiner les propositions qui lui seront faites au sujet de la concession ci-après : fourniture d'énergie électrique, de gaz de houille ou de gaz d'huile dans les limites du territoire de Lucknow pour l'éclairage des habitations et des rues et pour d'autres usages domestiques et industriels.

On peut obtenir tous les détails concernant la superficie, l'agglomération à desservir, etc., en s'adressant au Secrétaire du Conseil municipal.

Les offres seront reçues jusqu'au 31 décembre 1909.

Bibliographie.

MM. les membres adhérents peuvent se procurer au Secrétariat général :

1° Les statuts du Syndicat;
2° Les annuaires du Syndicat;
3° La collection complète des Bulletins;
4° Les numéros séparés dont ils auraient besoin pour compléter leur collection;
5° Les instructions concernant les conditions d'établissement des installations électriques dans l'intérieur des maisons;
6° Les instructions générales pour la fourniture et la réception des machines et transformateurs électriques (*ces instructions sont actuellement en revision*);
7° La série de prix des travaux d'électricité établie par le groupe des Chambres syndicales du bâtiment et des industries diverses et le Syndicat Professionnel des Industries électriques (édition de 1907);
8° Le Rapport de M. Guieysse sur les retraites ouvrières;
9° Les affiches dont l'apposition est prescrite par les lois réglementant le travail (voir *Bulletin* de juin 1905);
10° Les affiches « Dangers de l'alcoolisme » et « Conseils pour éviter la tuberculose »;
11° L'affiche indiquant les secours en cas d'accidents dus aux conducteurs d'énergie électrique;
12° La loi du 15 juin 1906 sur les distributions d'énergie; les décrets, arrêtés et circulaires relatifs à l'application de cette loi;
13° La convention pour la concession de la distribution de l'énergie électrique dans Paris.

Liste des documents publiés dans le présent Bulletin à l'intention des membres du Syndicat Professionnel des Industries électriques.

Loi prorogeant la date des échéances lorsque le 1er novembre sera un lundi, p. 351.

Avis commerciaux. — Rapports commerciaux des agents diplomatiques et consulaires de France, p. 357. — Tableau des cours du cuivre, p. 357.

de 2h à 5h à l'Office national du Commerce extérieur, 3, rue Feydeau, Paris (2e).

SYNDICAT PROFESSIONNEL DES USINES D'ÉLECTRICITÉ.

Siège social : rue Tronchet, 27, Paris.

Téléphone : 225-92.

VINGT ET UNIÈME BULLETIN BIMENSUEL DE 1909.

Liste des nouveaux adhérents depuis le 30 octobre 1909.

Membre actif.

M.

SÉGUIN (Louis), Ingénieur, Propriétaire de l'usine électrique d'Amélie-les-Bains, 40, boulevard Richard-Lenoir, Paris, présenté par MM. Rosenfeld et Guignard.

Membre correspondant.

M.

REGNIER (Marcel), Ingénieur, 2, villa Angèle, à Brunoy (Seine-et-Oise), présenté par MM. Brylinski et E. Fontaine.

Usine.

Usine électrique d'Amélie-les-Bains (Pyrénées-Orientales).

Compte rendu bibliographique.

Il sera fait mention de tous les Ouvrages d'intérêt général relatifs aux Associations comme aussi de tous les Livres techniques utiles pour les applications du courant électrique dont on fera parvenir deux exemplaires au Syndicat Professionnel des Usines d'Électricité.

Liste des documents publiés dans le Bulletin à l'intention des membres du Syndicat Professionnel des Usines d'Électricité.

Législation et Réglementation. — Circulaire de M. le Ministre des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes, du 17 mars 1909, relative à l'emprunt des voies ferrées par des distributions d'énergie électrique et à la nécessité de ne les autoriser que dans des cas exceptionnels, p. 351.

Jurisprudence et Contentieux. — Procès-verbal de la séance du Comité consultatif du 25 octobre 1909, p. 352.

Chronique financière et commerciale. — Convocation d'Assemblée générale, p. 356. — Nouvelles Sociétés, p. 356. — Nouvelles installations d'éclairage électrique, p. 356. — Société Nîmoise d'éclairage et de force motrice par l'électricité, p. 356. — Avis, p. 360. — Demandes d'emplois, *voir* annonces, p. XIX.

APPLICATIONS MÉCANIQUES.

FILATURES ET TISSAGES.

La commande électrique des métiers à filer et à tisser. — La filature et le tissage, qui constituent des industries très importantes de nos départements du Nord et de l'Est, sont destinés à devenir tôt ou tard des clients importants des grandes centrales électriques qu'on établit aujourd'hui pour desservir les régions industrielles.

Le problème de la commande électrique des métiers à filer et à tisser est en effet entièrement résolu actuellement, qu'on emploie le courant continu ou le courant alternatif, et il a déjà été dit dans ces colonnes que, pendant ces dernières années, bon nombre de filatures et de tissages des États-Unis et du Canada ont adopté

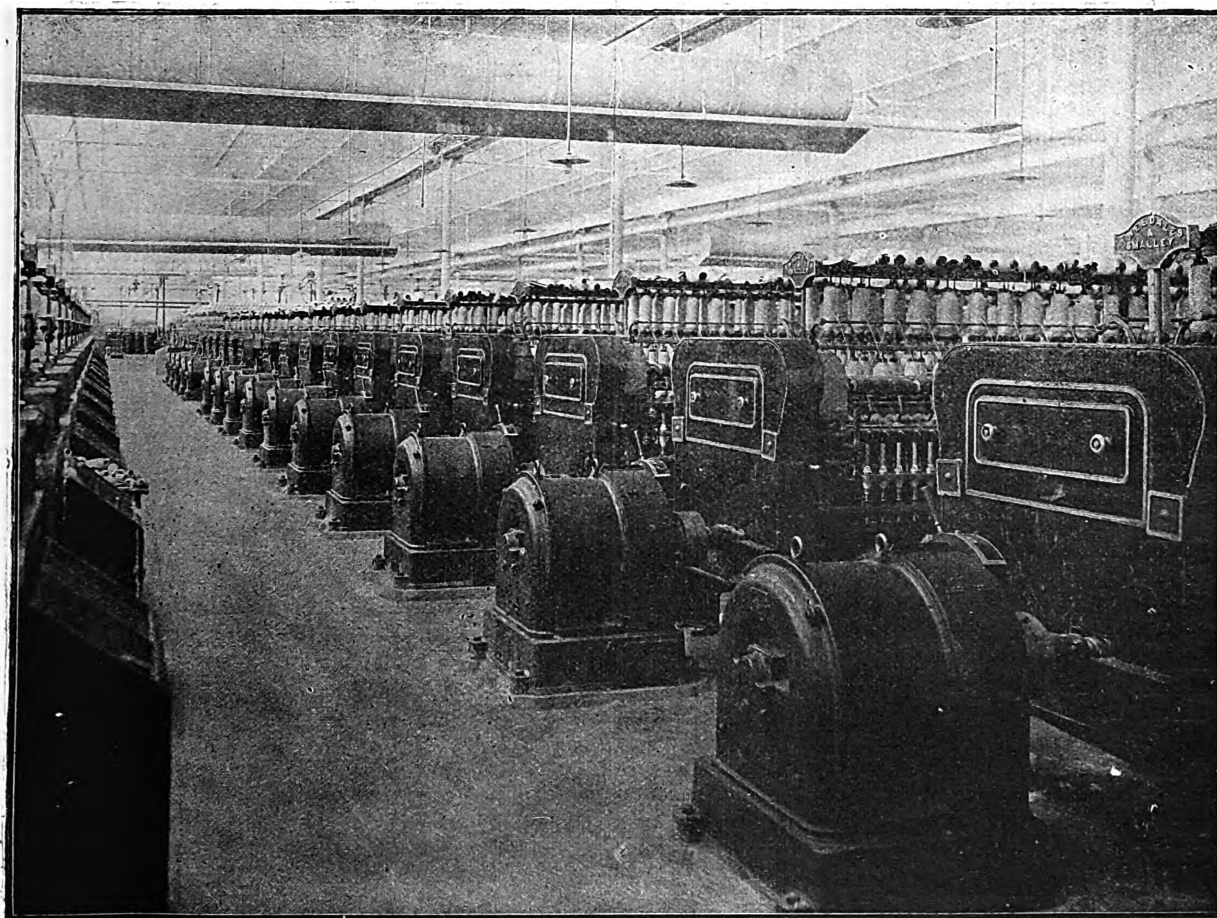


Fig. 1. — Commande directe de continus à filer par moteurs monophasés à collecteur de la filature de MM. P. Jourde, au Rabodeau, par Moyenmoutier (Vosges).

ce mode de commande. La même évolution se produit en Angleterre et les autres pays d'Europe, mais plus lentement.

La figure 1 donne une vue d'une installation électrique de métiers continus à filer, effectuée par la Compagnie électromécanique pour une importante filature des Vosges. Les moteurs sont des moteurs monophasés à répulsion, avec enroulement Déri, dont un

modèle est représenté par la figure 2, moteurs qui ont été décrits en détail dans ces colonnes l'an dernier (¹),

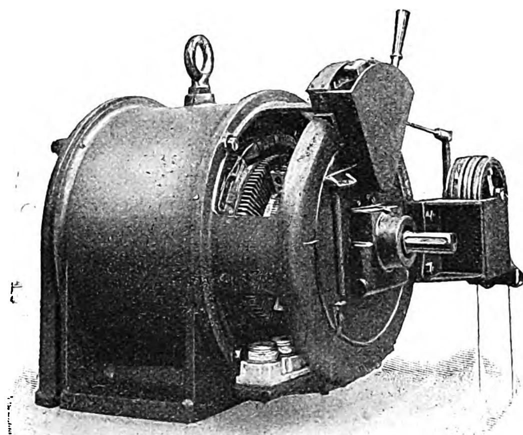


Fig. 2. — Moteur monophasé à collecteur, enroulement Déri, pour moteur à filer et à tisser.

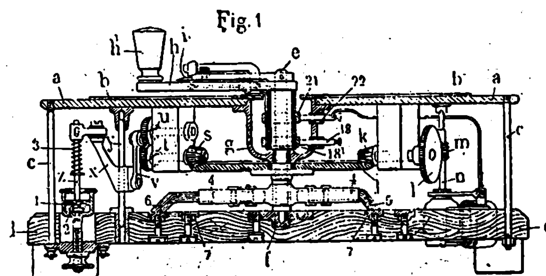
SIGNAUX.

Système de commande de signaux à distance avec ou sans fil, par D'IVRY (*Comptes rendus*, t. CXLVIII, 14 juin 1909, p. 1599). — Les appareils, construits par la maison P. Ducretet et E. Roger, comprennent : un manipulateur expéditeur des commandes à effectuer et un récepteur-exécuteur des commandes expédiées.

Manipulateur. — Le manipulateur (*fig.* 1 et 2) est composé essentiellement d'un cadran divisé en parties égales, chacune servant à une commande distincte, sauf la dernière qui est le point de départ ou de repos lors de la remise automatique du zéro. Sur le cadran se trouve une première aiguille, folle autour de son axe et servant d'index pour la commande choisie; une seconde aiguille, calée sur l'axe, est entraînée par un petit moteur et se met en mouvement aussitôt que l'index a été déplacé du zéro. Cette seconde aiguille, pendant sa rotation, effectue les différents contacts et vient rencontrer la première aiguille à la position qui a été déterminée d'avance; cette rencontre provoque la rupture du circuit; la deuxième aiguille, entraînant ensuite la première, la ramène au zéro.

Les différents plots de contact sont disposés en couronne sur le socle de l'appareil; les plots pairs servent à envoyer les commandes et les plots impairs à les annuler. Lorsque le frotteur fixé sur l'axe portant l'index passe sur un plot, le courant est envoyé dans un relais qui produit l'émission de courant dans le récepteur, lequel porte le même nombre de plots que le manipulateur.

Le récepteur est relié au transmetteur par un seul fil de ligne, quel que soit le nombre des commandes à exécuter. Si la commande doit avoir lieu sans fil au moyen des ondes hertziennes, le récepteur manœuvre au moyen d'un courant local et d'un relais très sensible combiné avec un détecteur de trains d'ondes. Dans les deux cas, le courant actionnant les appareils constituant les diverses commandes est emprunté à une source électrique locale reliée au récepteur.



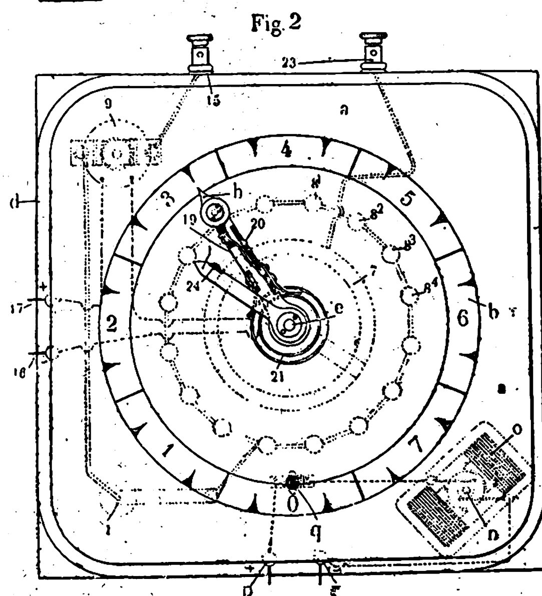


Fig. 1 et 2. — Manipulateur du système de commande de signaux à distance d'Ivry.

Tous les organes du récepteur sont immergés dans un bain de pétrole et d'huile mélangés. A chaque émission de courant produite à distance, un solénoïde soulève un noyau de fer creux fermé à son extrémité supérieure, en forme de cuvette renversée. Ce noyau constitue le corps d'une petite pompe dont le piston fixe consiste en un second tube concentrique à frottement fixé sur l'embase et portant à sa partie inférieure un clapet à bille (*fig.* 3 à 7). Au moment de l'ascension du corps de pompe, le clapet se soulève et une petite quantité de pétrole est aspirée. Quand le solénoïde n'attire plus le noyau, ce dernier reste néanmoins soulevé un certain temps, sa chute étant retardée par le pétrole contenu dans la pompe, d'où il ne peut s'écouler que lentement par une petite ouverture à débit réglable.

(¹) *La Revue électrique*, t. X, p. 225-233, 30 septembre 1908.

Lorsque le noyau est dans cette position, le levier de contact se trouve au-dessus de la couronne de plots et peut ainsi passer successivement en regard de chacun d'eux sans en toucher aucun. A chaque émission, le levier avance de l'intervalle d'un plot, et, lorsqu'il est arrêté au-dessus du plot correspondant à la commande choisie, il descend lentement sur ledit plot, avec lequel il vient prendre contact lorsque le pétrole est sorti en quantité suffisante du corps de pompe.

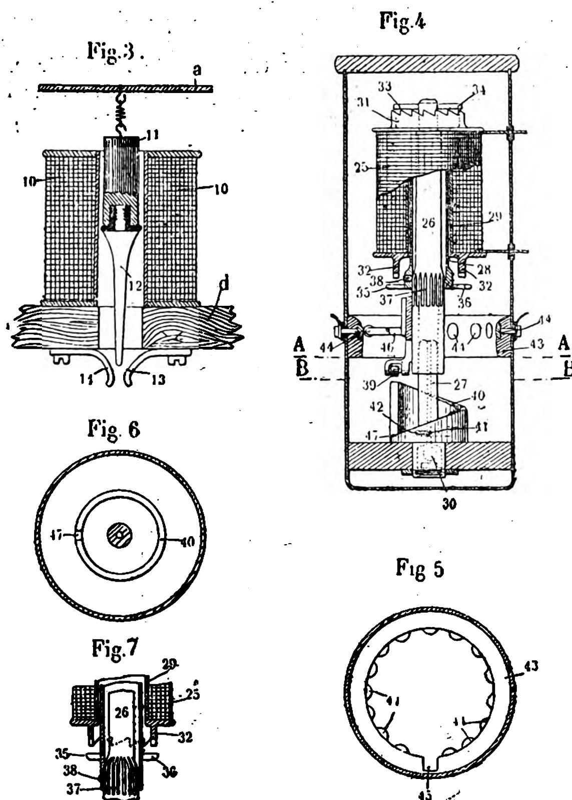


Fig. 3 à 7. — Détails du récepteur d'Ivry.

Le mouvement de rotation du levier de contact est obtenu par un système de rochets disposés en deux couronnes dans lesquelles un ergot avance d'une dent à chaque soulèvement du noyau.

Enfin, aussitôt la commande exécutée, le levier de contact, continuant à descendre, passe au-dessous de la couronne de plots et un galet fixé au bas du noyau glisse alors sur un plan incliné circulaire, c'est-à dire en spirale, ce qui a pour effet de ramener le levier à la position initiale de repos. Cette manœuvre s'effectue en même temps sur le manipulateur, de sorte que les deux postes, bien qu'éloignés l'un de l'autre, sont remis au zéro automatiquement et simultanément.

On voit qu'en réglant convenablement l'écoulement du pétrole aspiré à chaque élévation du noyau du solénoïde, on peut obtenir l'exécution de la commande soit instantanément, soit seulement au bout d'un nombre quelconque de secondes, et que dans ce dernier cas il est possible d'annuler ladite commande avant son exécution.

DIVERS.

L'emploi des moteurs électriques à bord des navires, par J. Mc LAREN. Communication à l'Institute of Marine Engineers (*Electrician*, t. LXIII, 10 septembre 1909, p. 860-862). — Dans cette communication l'auteur montre combien il serait avantageux de remplacer, à bord des navires, la plupart des moteurs à vapeur actuellement en usage, par des moteurs électriques, auxquels le courant serait fourni par un groupe électrogène avec moteur à gaz pauvre alimenté par un gazogène.

L'auteur fait ressortir la mauvaise utilisation des moteurs à vapeur installés loin des chaudières, à cause des condensations de vapeur et des pertes de chaleur qui se produisent en route. Puis il montre que le poids d'un groupe électrogène avec gazogène complet et moteurs n'est pas supérieur à celui des moteurs à vapeur et de la chaudière qu'il remplace, et aussi que les pertes d'énergie électrique dans les conducteurs, à l'intérieur d'un bateau, sont entièrement négligeables.

L'auteur conclut que, la consommation des moteurs auxiliaires à vapeur représentant fréquemment une dépense de 2^{kg} de charbon par cheval-heure effectif et même davantage, alors que le groupe électrogène à gaz pauvre peut fournir la même puissance, avec une dépense de $0^{kg},4$ de charbon au plus, il y aurait intérêt pour les armateurs à adopter ce type de groupe électrogène, qui permettrait de réduire notablement les frais d'embarquement, de manutention et de débarquement des marchandises, au moyen des installations du bord.

Machines d'extraction électriques des mines de Schalke (Allemagne). — Ces mines, situées près de Gelsenkirchen, ont, d'après le *Prakt-Maschinen-Konstr.* du 24 juin, récemment fait installer diverses machines électriques : 1° une petite machine d'extraction pour charge utile de 1250^{kg}, une hauteur de levée de 35^{m} et une vitesse de levée de 1,75 m : s, mue par un moteur triphasé de 40 chevaux à 725 t : m, avec freins très puissants, dispositif d'arrêt progressif à fin de course et indicateur de position de la benne; 2° un treuil de plan incliné commandé par un moteur triphasé de 60 chevaux à 970 t : m; 3° un treuil pour puits vertical commandé par un moteur triphasé de 75 chevaux à 570 t : m.

TRACTION ET LOCOMOTION.

CHEMINS DE FER.

Le chemin de fer électrique à crémaillère Montreux-Glion. — I. Généralités, tracé et ligne de contact. — Le chemin de fer électrique à crémaillère Montreux-Glion a été inauguré le 7 avril 1909. Depuis longtemps déjà, la nécessité d'établir une seconde ligne entre les bords du lac Léman et les ravissantes contrées de Glion et de Caux se faisait fortement sentir, le funiculaire reliant Territet à Glion (construit en 1883) ne suffisant plus, dans la belle saison, au grand nombre de voyageurs et surtout à l'énorme quantité de marchandises. On eut donc l'idée de prolonger le chemin de fer à crémaillère allant de Glion à Caux et aux Rochers de Naye, qui est en service depuis 1892, jusqu'à la station centrale de Montreux des Chemins de fer fédéraux, station qui est en même temps le point terminus de la ligne du chemin de fer électrique Montreux-Oberland



Fig. 1. — Gare de Montreux.

Bernois, en exploitation depuis 1903. Malgré les difficultés sans nombre qui se présentèrent, surtout quant à l'agrandissement de cette gare qu'il fallut, afin d'éviter une différence de niveau avec la ligne des Chemins de fer fédéraux, faire en partie souterraine, le projet ne tarda pas à être réalisé.

Malgré son peu d'étendue (2800^m), la nouvelle ligne (*fig.* 2 et 2*a*) comprend un certain nombre de travaux très intéressants. La figure 1 montre la gare de Montreux, située à 398^m d'altitude. Afin de gagner de la place, la nouvelle partie de la gare fut construite de façon à y permettre aussi la circulation des voitures du chemin de fer Montreux-Oberland Bernois; les voies sont faites, à cet effet, sur une longueur de 377^m, à trois rails, c'est-à-dire pour un écartement de $0^m,80$ (pour les voitures du Montreux-Glion) et de 1^m (pour celles du Montreux-Oberland Bernois). Cet arrangement était de grande importance, en considération du projet des deux sociétés, de construire une ligne réunissant la gare de Montreux aux quais du lac Léman.

En quittant la gare, la nouvelle ligne entre dans un tunnel de 290^m de longueur et d'une rampe de 128 pour 1000. Ce tunnel passe sous celui en forme de boucle du chemin de fer Montreux-Oberland Bernois, sous le collège municipal, ainsi que sous le quartier très peuplé de Chênes. A la sortie de ce tunnel, elle traverse la gorge du Chauderon sur un pont en fer de 62^m de longueur, dont la rampe est de 108 pour 1000 dans la partie inférieure, de 75 pour 1000 dans la partie supérieure. Au delà de ce pont se trouve la station Les Planches qui est, en même temps, une station du chemin de fer Montreux-Oberland Bernois (*fig.* 3)

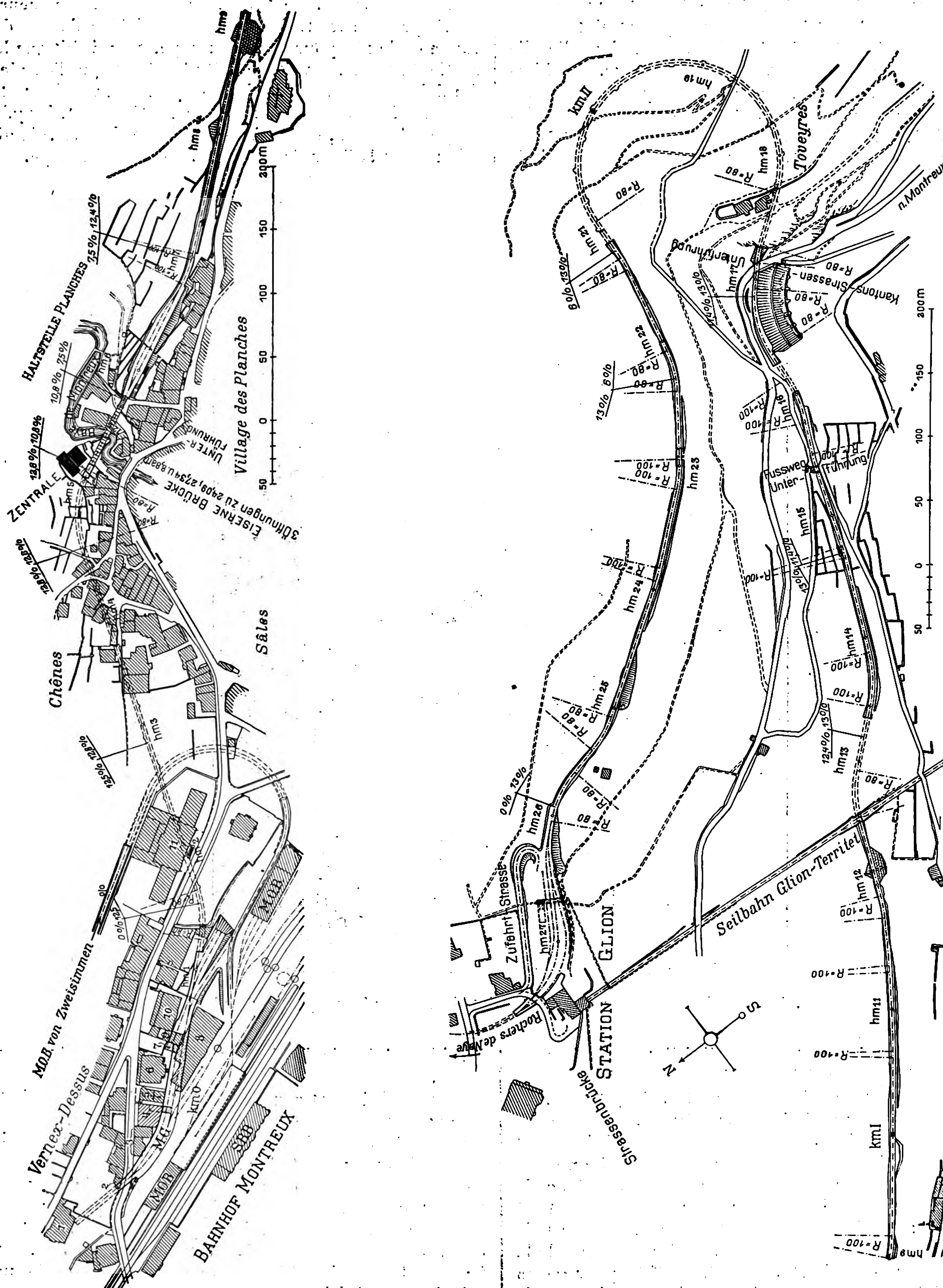


Fig. 2 et 2 *a*. — Plan de disposition du chemin de fer Montreux-Glion.

Après cette station, la ligne longe des coteaux presque à pic (rampes de 124 à 130 pour 1000) et atteint enfin la ligne du funiculaire Territet-Glion, sous laquelle elle passe dans un tunnel de 84^m de longueur. Au kilomètre 1,6, elle croise, sur un petit pont en pierre, l'ancienne route de Glion, et traverse, 60^m plus loin, un troisième tunnel de 26^m de longueur. La construction la plus intéressante de la ligne est le tunnel de Toveyres (*fig.* 4). Ce tunnel, qui a 386^m de longueur, décrit presque les trois quarts d'une hélice de 80^m de rayon et de 130 pour 1000 de rampe, ce qui fait que la sortie du tunnel est située 50^m plus haut que l'entrée. Au delà de ce tunnel, la ligne se prolonge vers l'Ouest, continuellement sur des murs de soutènement, jusqu'à la gare de Glion, située à une altitude de $692^m,25$, où elle rejoint la ligne de Glion aux Rochers de Naye. Le



Fig. 3. — Station « Les Planches » et point de vue sur la gorge du Chauderon.

terrain étant très montagneux, il fallut, pour la construction du quai extérieur de la gare, établir un mur de soutènement, en forme d'arcades, de 90^m de longueur et jusqu'à 10^m de hauteur (*fig.* 5).

La différence d'altitude entre Montreux et Glion étant de 294^m et la longueur de la ligne entre ces deux gares de 2800^m, la rampe moyenne de la ligne est donc de 105 pour 1000, tandis que la rampe maximum est de 130 pour 1000. La longueur totale de la ligne est de 2910^m, dont 1943^m, représentant les 66,8 pour 100 de la longueur, en ligne droite, et 967^m, soit 33,2 pour 100 en courbes. Le rayon moyen des courbes est de 81^m, le rayon minimum de 60^m, dans les stations, et de 50^m aux aiguilles. 405^m de la ligne sont en palier, 2505^m en pente.

La crémaillère est construite d'après le système Abt, comme pour la ligne Glion-Rochers de Naye. Elle se compose de deux crémaillères parallèles, décalées dans le sens de la longueur, de la moitié du pas. La crémaillère commence quelques mètres avant l'entrée du premier tunnel; on a, en effet, été obligé de la supprimer dans la gare de Montreux, afin de ne pas gêner la circulation des voitures de la ligne Montreux-Oberland Bernois. La tête de la crémaillère a été construite d'après un principe tout à fait nouveau. Au lieu de faire augmenter peu à peu, sur les quelques premiers mètres, la



Cliché de la « Schweizerische Bauzeitung ». Photo Julien Frères, Genève.

Fig. 4. — Entrée du tunnel de Toveyres.

hauteur des dents jusqu'à la hauteur normale, on a fait augmenter peu à peu leur épaisseur, tandis que la pre-

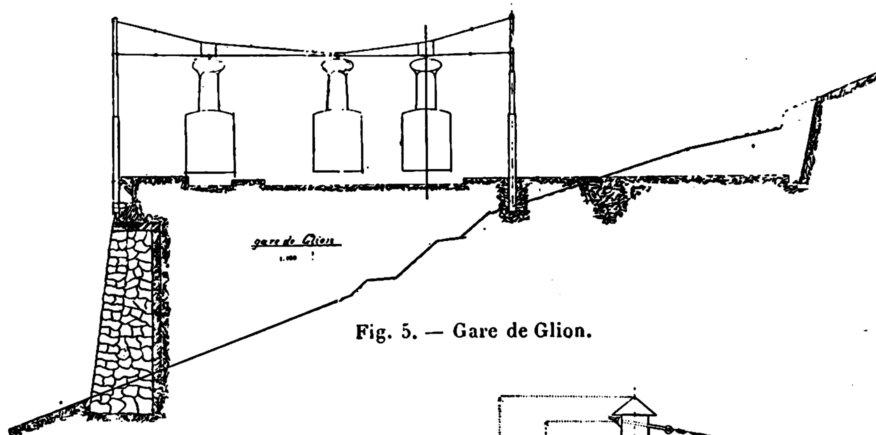


Fig. 5. — Gare de Glion.

mière dent a déjà la hauteur normale. Avec cette nouvelle construction, il est impossible que la roue dentée patine ou grimpe sur les premières dents de la crémaillère; l'entrée en fonction de celle-ci se fait au contraire d'une façon très douce.

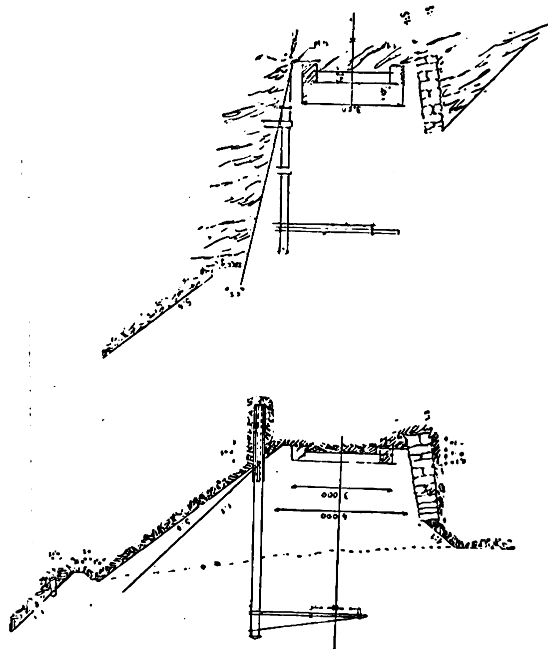


Fig. 6 et 6 *bis*. — Profils en travers de la voie.

La ligne de contact est alimentée par du courant continu d'une tension de 800 volts, fourni par une station de convertisseurs dont nous parlerons plus loin. Elle est formée par deux fils parallèles de 9^{mm} de diamètre chacun. Ces fils sont supportés par des poteaux en bois imprégné, munis de consoles en fer, et isolés doublement de celles-ci (*fig.* 7). Les poteaux sont munis d'ancrage en fers à [. A certains endroits, les poteaux ont été

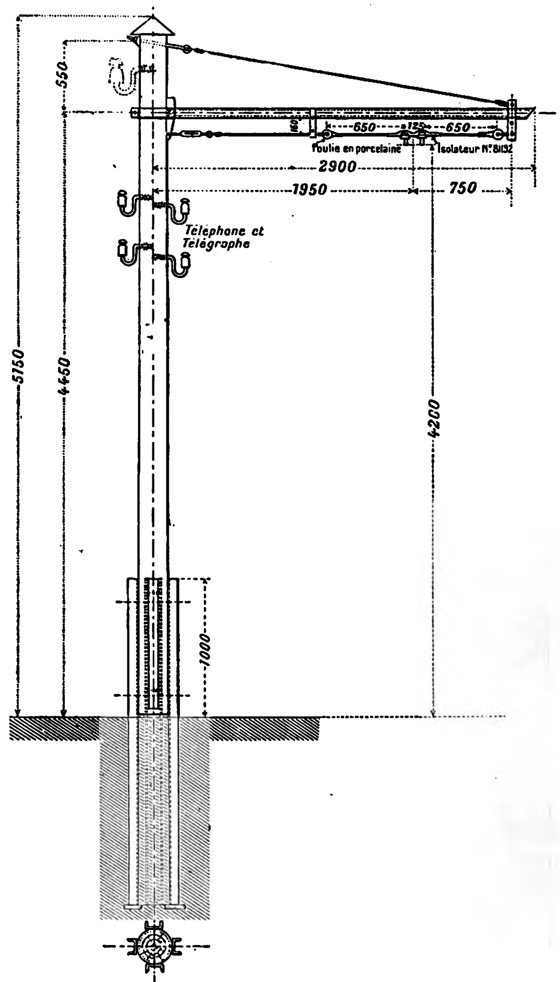


Fig. 7. — Elévation d'un poteau porte-fils.

ancrés aux murs de soutènement (*voir* profils, *fig.* 6). Dans la gare de Glion, on a fait usage de poteaux en tubes Manesmann. Le réglage des fils tendeurs, tant de

ceux des consoles (*fig.* 7) que de ceux des suspensions à deux poteaux (*fig.* 7 *bis*), se fait au moyen d'un serre-fil en fer. Pour la seconde isolation de la suspension, on a fait usage d'isolateurs en porcelaine à nervures.

Fig. 7 *bis*. — Suspension avec deux poteaux.

Fig. 8. — Convertisseurs.

La ligne est divisée en 5 segments au moyen d'isolateurs de sectionnement; la jonction de ces différents segments est assurée par des interrupteurs manœuvrables à la main.

La hauteur du fil de contact au-dessus de la voie ferrée est, en campagne, de $4^m,20$ (*fig.* 7), sous les tunnels

Fig. 7 *ter*. — Suspension dans un tunnel.

Fig. 9. — Arrivée des lignes à haute tension.

de $3^m,90$ (*fig.* 7 *ter*). Dans les gares, le fil a été posé, autant que possible, à une hauteur de 6^m à $6^m,15$ au-dessus des rails (*fig.* 7 *bis*).

Il n'a toutefois pas été possible de maintenir cette

hauteur ni dans la partie supérieure de la gare de Glion, ni dans la gare de Montreux. Dans cette première gare, le fil a dû être posé en partie même assez bas. Afin d'éviter des dégâts de la ligne par la chaleur dégagée par les locomotives à vapeur de la ligne Glion-Rochers de Naye circulant sur les mêmes voies, on a remplacé le fil de cuivre par un fil de fer qu'on a, en outre, autant que possible, placé latéralement à l'axe de la voie.

II. Station de convertisseurs. — Le courant nécessaire au service de la ligne est engendré dans une station de convertisseurs située à la sortie du premier tunnel, près de la station Les Planches. Cette station est alimentée par du courant triphasé de 8000 volts fourni par l'usine génératrice de Montbovon. Les figures 8 et 9, ainsi que le schéma (*fig.* 10), montrent la disposition de la station de convertisseurs. Celle-ci est prévue pour deux groupes donnant chacun 110 kilowatts en courant continu de 600 à 1000 volts; un seul de ces groupes est en service jusqu'à présent. Ce groupe travaille en parallèle avec une batterie d'accumulateurs d'une capacité

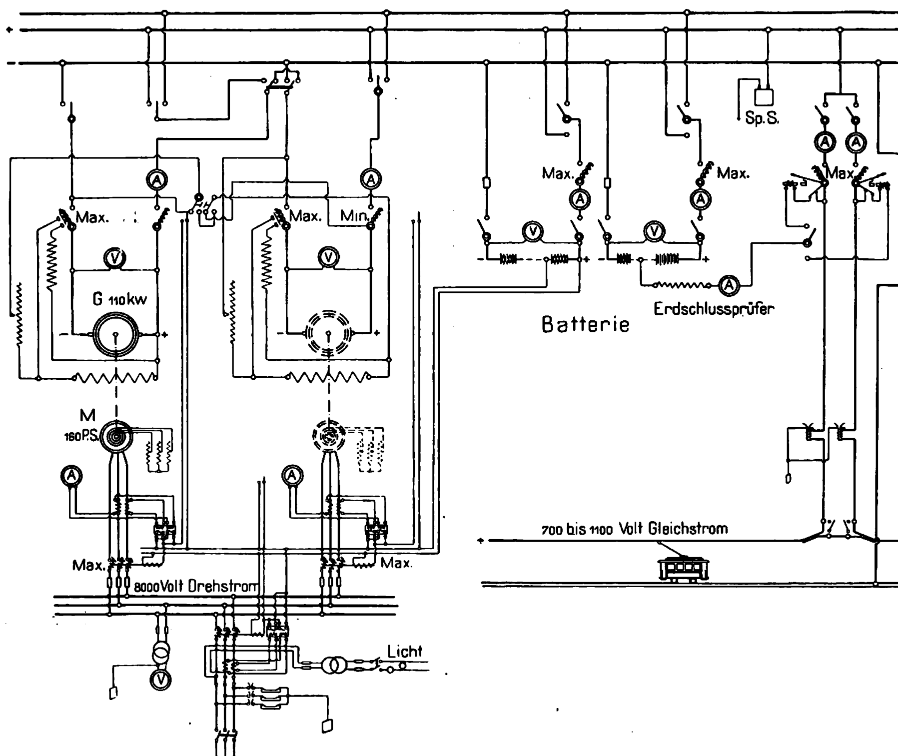


Fig. 10. — Schéma des connexions de la station de convertisseurs.

M, moteur; G, générateur; Drehstrom, courant triphasé; Gleichstrom, courant continu; Licht, éclairage; Sp. S, limiteur de tension; Erdschlussprüfer, indicateur de terre.

de 333 ampères-heure. La station est disposée de façon à pouvoir être connectée en parallèle avec les sous-stations les plus proches du chemin de fer Montreux-Oberland Bernois. De cette façon, les différentes sous-stations peuvent se servir réciproquement de réserve. Il est même possible de charger la batterie d'une de ces stations par les machines d'une autre en abaissant la tension de deux machines qu'on connecte en série (*voir* schéma, *fig.* 10). Du reste, tant que le second groupe prévu n'est pas installé dans la station de Montreux-Glion, il est de toute façon nécessaire d'avoir recours à la station de Chernex du Montreux-Oberland Bernois pour la charge de la batterie.

Le groupe convertisseur ainsi que l'appareillage complet a été livré par les Ateliers de construction Œrlikon, la batterie par la Fabrique d'accumulateurs d'Œrlikon. Cette batterie est particulièrement intéressante par le fait qu'elle possède un type de plaque tout nouveau, construit spécialement pour les batteries-tampon, et réduisant considérablement le contrôle. Les tubes de verre servant à maintenir l'écartement des plaques, employés habituellement, y sont remplacés par de petites planchettes de bois empêchant un fléchissement des plaques. La résistance intérieure, un peu plus grande, de la batterie résultant de l'emploi de ces planchettes, est largement compensée par la possibilité de diminuer la distance réciproque des plaques.

Les appareils du réseau triphasé sont disposés dans le sous-sol (*fig.* 9); on évite de cette façon toute haute tension dans la salle des convertisseurs (à l'exception, évidemment, du stator des moteurs). Tant la conduite d'amenée principale que les conduites d'alimentation

des moteurs sont munies de déclencheurs à maximum et action différée, à bain d'huile; des boutons de contact disposés sur le tableau du circuit continu en permettent, en outre, le déclenchement depuis la salle supérieure. Normalement l'enclenchement et le déclenchement de ces interrupteurs s'opèrent au moyen d'un levier fixé à la colonne de commande portant les instruments du groupe convertisseur.

Les conduites des générateurs sont pourvues d'un déclencheur à maximum ainsi que d'un déclencheur à minimum et à courant de retour. Afin de protéger l'enroulement inducteur des génératrices contre les

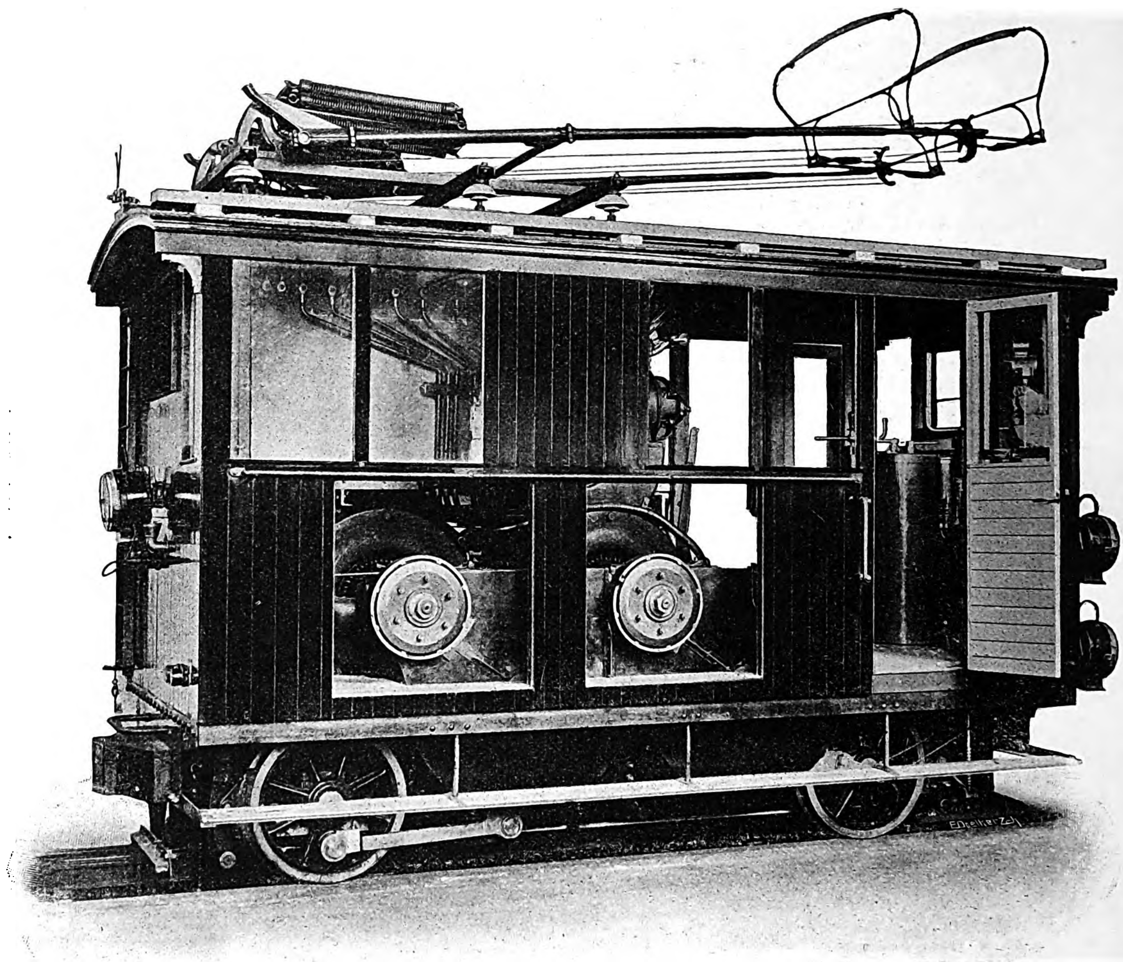


Fig. 13. — Vue d'une locomotive.

effets d'induction occasionnés par l'interruption brusque du courant, le déclencheur à maximum a été muni de contacts auxiliaires qui, au moment où cet interrupteur se déclenche, court-circuitent l'enroulement inducteur sur une résistance spéciale, et ceci avant que l'interrupteur à maximum se déclenche aussi. Les connexions permettent de faire travailler une machine sur le réseau de traction tout en se servant des deux machines connectées en série pour la charge de la batterie.

III. Locomotives. — Les locomotives électriques (*fig.* 11 à 13), pour le moment au nombre de trois, sont prévues pour un service par adhérence seule et par crémaillère seule, ainsi que pour un service combiné. Elles sont équipées chacune de deux moteurs (*fig.* 14 et 15) d'une puissance unitaire de 110 chevaux, mesurée à la jante. Chaque moteur agit par l'entremise d'un renvoi à denture à chevrons, sur un essieu intermédiaire. Un accouplement à friction, dit limiteur d'effort, intercalé entre le moteur et le pignon du renvoi, a pour but de préserver les organes de transmission contre les chocs brusques possibles lors du démarrage et du freinage, ainsi que d'éviter que, par suite d'un arrêt brusque, la roue motrice ne monte sur la cré-

maillère, en ce sens que, dès que la pression de la roue motrice sur la crémaillère dépasse 7000^{kg} à 8000^{kg}, il se produit un glissement des deux parties de l'accouplement l'une contre l'autre.

De l'essieu intermédiaire, l'énergie est transmise, au moyen d'un second renvoi à denture droite, soit aux roues motrices à crémaillère qui tournent librement sur leur axe, soit par l'entremise d'un manchon d'accouplement à gorges, à l'essieu des roues motrices à crémaillère, d'où elle est enfin transmise aux roues d'adhérence de la locomotive au moyen d'une manivelle et d'une bielle.

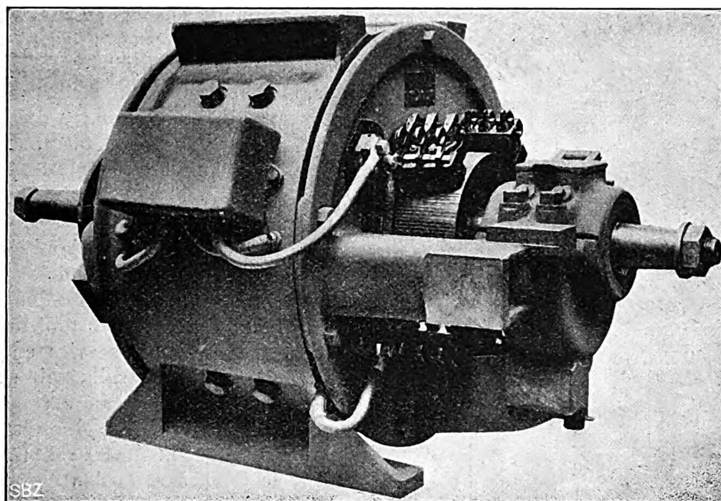


Fig. 14. — Moteur Œrlikon de 110 chevaux.

L'énergie pouvant être transmise simultanément sur les deux organes, on conçoit que la locomotive peut servir à la marche combinée par adhérence et par crémaillère.

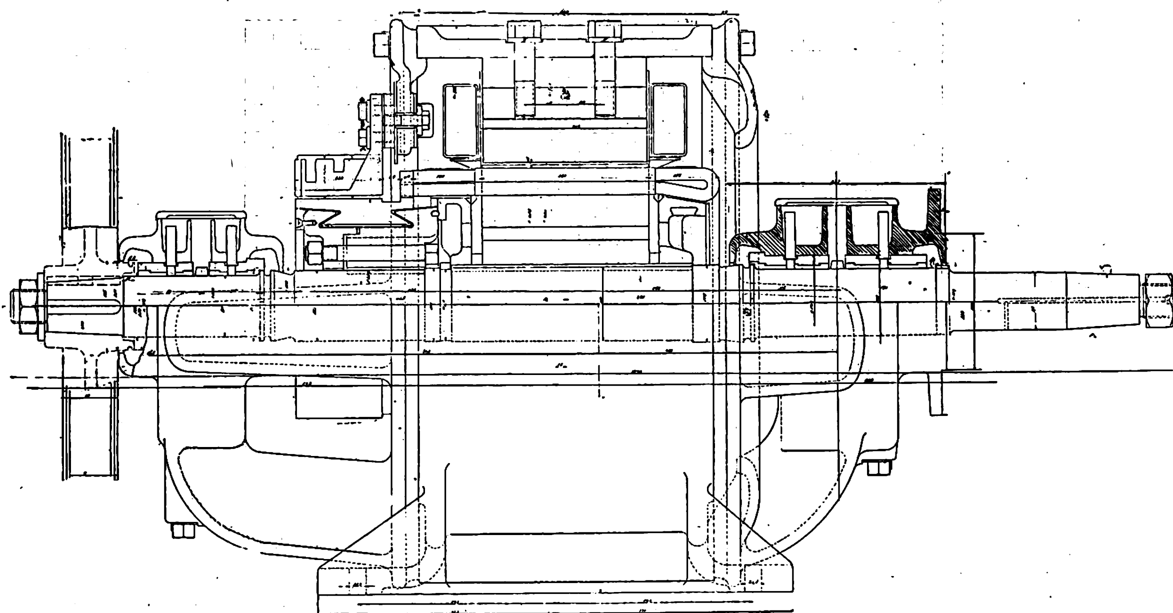


Fig. 14 *bis*. — Coupe et élévation longitudinale du moteur.

La partie intérieure du manchon d'accouplement à gorge est clavetée sur l'essieu intermédiaire; sa partie extérieure tourne librement sur le moyeu de la partie intérieure et porte le pignon du second renvoi. L'embrayage et le débrayage de l'accouplement s'opèrent de la cabine du conducteur au moyen du levier bien visible

dans la figure 16. L'accouplement est débrayé lorsqu'il s'agit d'un service par crémaillère seule; il restera

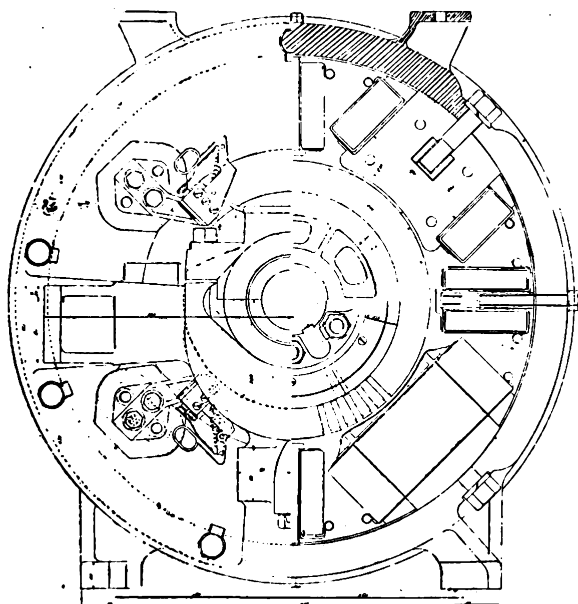


Fig. 14 *ter*. — Coupe et élévation transversale du moteur.

embrayé tant pour la marche par adhérence seule que pour la marche combinée.

Le diamètre du cercle primitif de la roue motrice à crémaillère ayant été choisi un peu plus petit que le diamètre des roues d'adhérence, en vue de l'usure de ces dernières années, le développement de ce cercle sur la crémaillère est un peu plus court que le développement des roues sur les rails. Cette avance des roues d'adhérence n'occasionne pas, comme on pourrait le croire, un patinement de ces roues sur les rails, la différence étant compensée par l'accouplement à gorge, dont une des parties se décale alors constamment par rapport à l'autre. Ce même décalage se produit évidemment entre les roues motrices à crémaillère et leurs axes respectifs.

Outre le frein électrique à court-circuit, qui sert de frein proprement dit pendant la marche, les locomotives sont équipées de trois freins mécaniques, dont deux à main et un automatique. Un premier frein à main, dont la manivelle est disposée à gauche du controller, et dont on se servira en général pour obtenir un arrêt complet du train, agit sur les freins à gorges fixés aux roues motrices à crémaillère. Un second frein à main disposé à droite dans la cabine de commande agit simultanément sur les sabots des roues d'adhérence et sur le frein à roue dentée monté sur l'axe arrière et agissant sur la crémaillère. Le frein automatique, enfin, agit sur les poulies calées sur l'arbre des moteurs.

La tension des bandes de frein est obtenue par un puissant ressort à boudin (*fig.* 19), dont l'effort de traction exercé sur les bandes est compensé, en service normal, par un câble d'acier enroulé sur un galet muni d'une petite

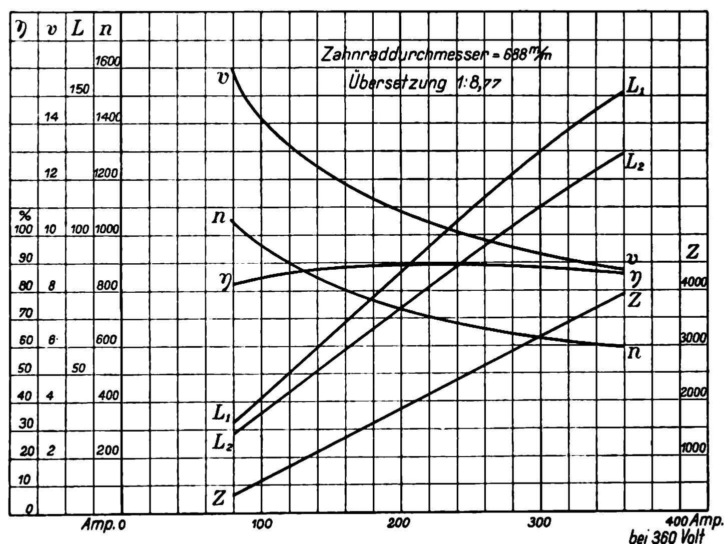


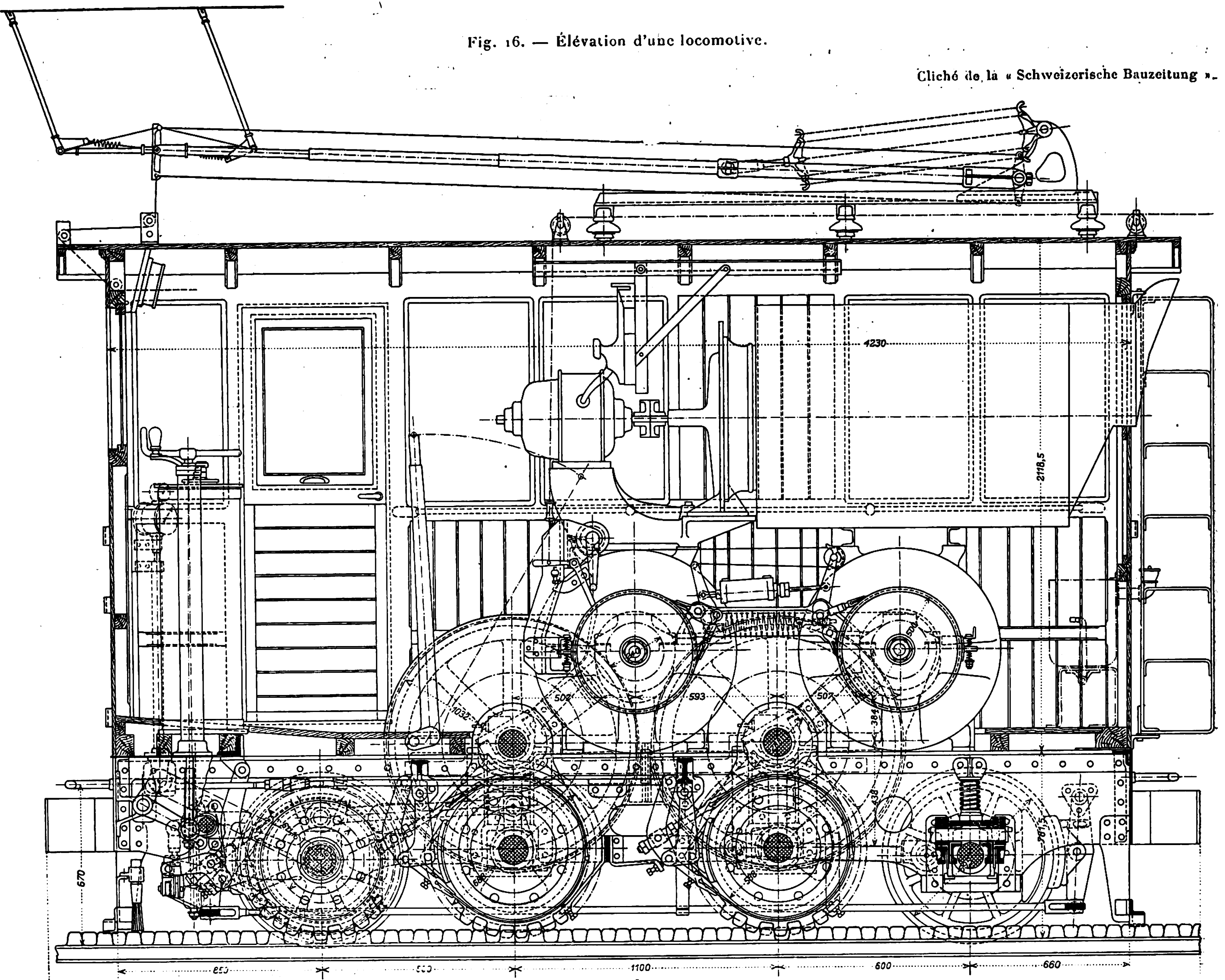
Fig. 15. — Courbes caractéristiques des moteurs de 110 chevaux de la locomotive.

L_1, puissance à l'arbre du moteur; L_2, puissance à la crémaillère; v, vitesse en km : h; Z, effort de traction à la crémaillère; n, nombre de tours par minute; η, rendement; Zahnraddurchmesser, diamètre de la roue à crémaillère; Uebersetzung, rapport de transmission du renvoi.

manivelle. Un cran d'arrêt retient le galet dans la position voulue. La mise en action automatique de ce frein se fait de la façon suivante : Dès que la locomotive atteint une vitesse supérieure à celle maximum admissible, un régulateur centrifuge plat, calé sur l'arbre du moteur arrière, déclenche le cran d'arrêt du galet, et

Fig. 16. — Élévation d'une locomotive.

Cliché de la « Schweizerische Bauzeitung ».



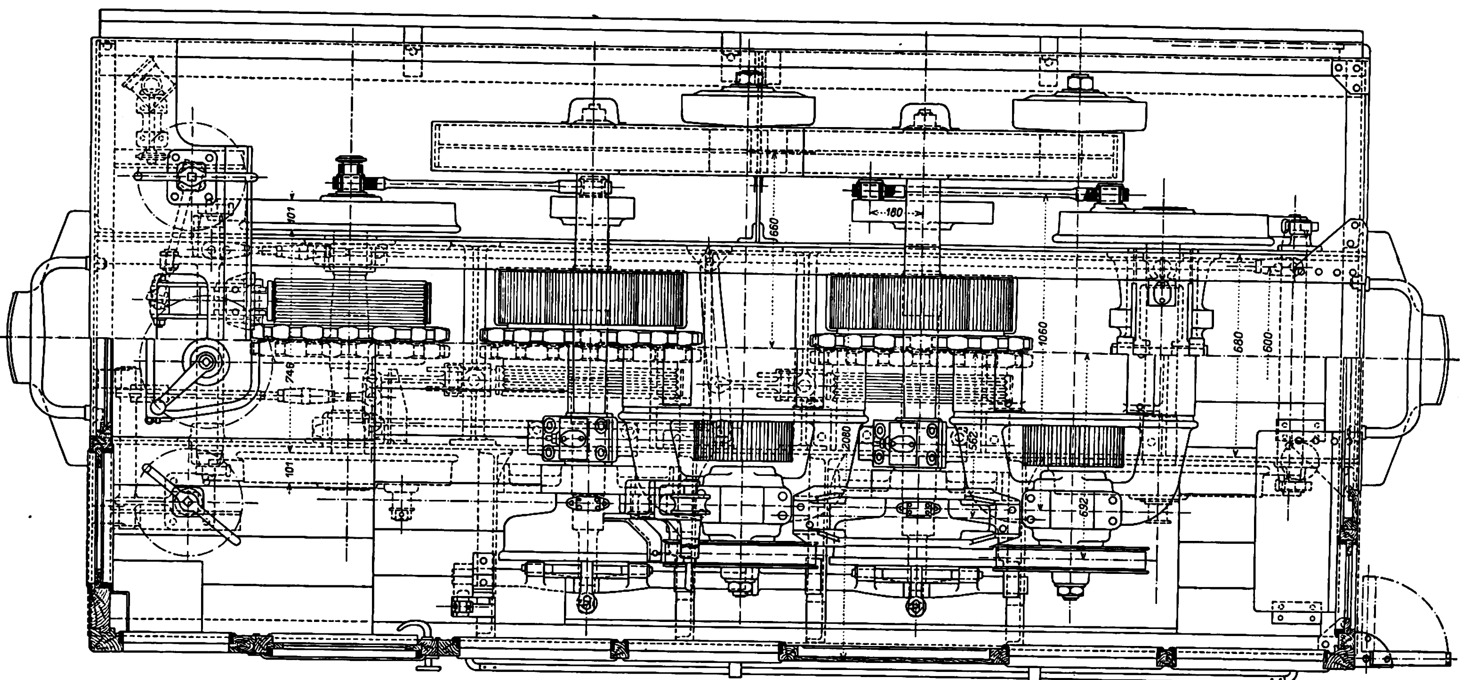
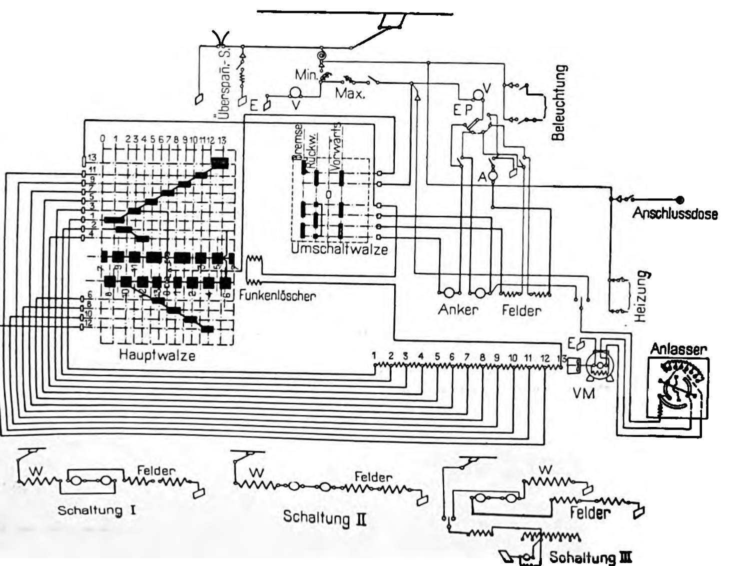


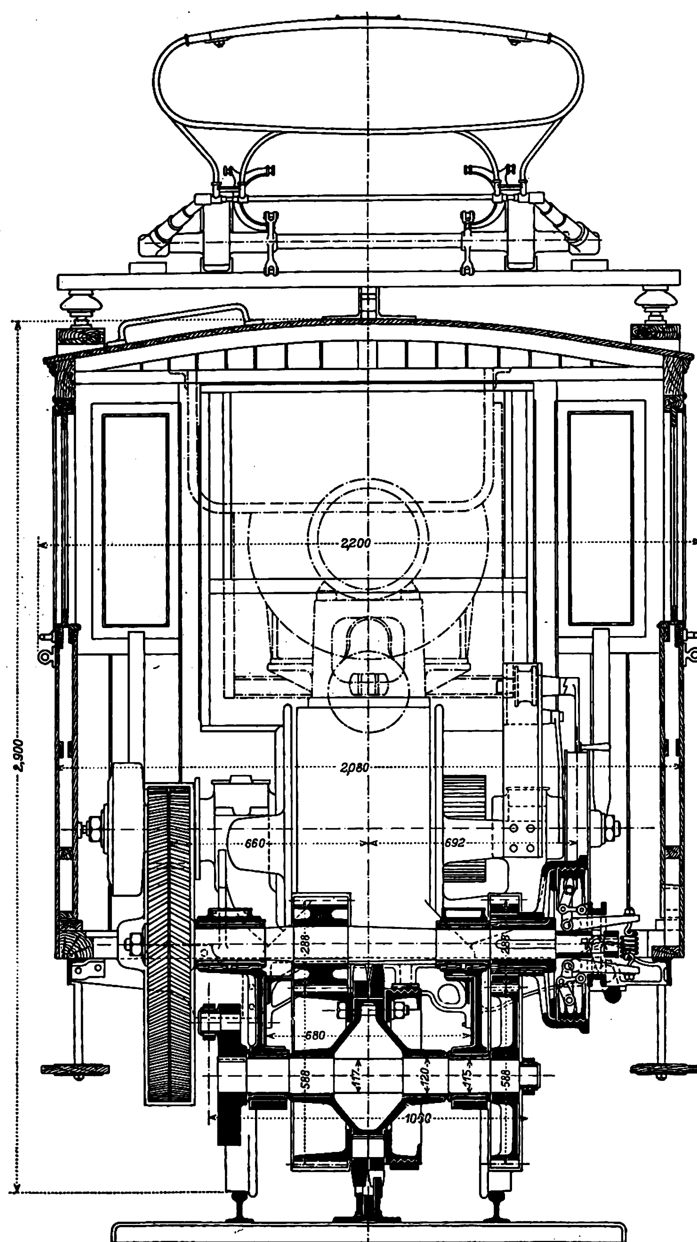
Fig. 16 *bis*. — Vue en plan d'une locomotive.



Anker, induit.
Felder, champs.
Anlasser, démarreur.
Haupwalze, cylindre principal.
Umschaltwalze, cylindre d'inversion.
Bremse, frein.
Vorwärts, marche avant.
Rückwärts. marche arrière.
Funkenlöscher, extincteur d'étincelles.
Beleuchtung, éclairage.
Heizung, chauffage.
Ueberspannung-S. parafoudre.
Anschlussdose, fiche de contact.
E, terre.
E P, indicateur de terre.
W, résistance.
Schaltung I. Connexion I. Moteurs en série pour marche arrière.
Schaltung II. Connexion II. Moteurs en série pour marche avant.
Schaltung III. Connexion III. Les moteurs travaillant comme générateurs à la descente.

Fig. 17. — Schéma des connexions de la locomotive.

la bande de frein, qui n'est alors plus déchargée par le câble d'acier, agît, sous l'action du ressort à boudin, sur la poulie. Le cran d'arrêt opère en même temps le déclenchement de l'interrupteur à minimum placé dans la conduite d'alimentation du moteur. Une cataracte à huile empêche une action trop brusque du frein. Le cran d'arrêt pouvant aussi être déclenché à main, au moyen d'une corde, par le conducteur posté sur la plate-forme supérieure du premier wagon, ou par le personnel de la locomotive, le frein automatique sert en même temps de frein de secours.



Cliché de la « Schweizerische Bauzeitung ».

Fig. 18. — Coupe transversale d'une locomotive.

Il est de grande importance, pour des locomotives de chemins de fer à crémaillère, que les quatre roues reposent bien sur les rails, la locomotive pouvant, sans cela, facilement dérailler. Afin que cette condition soit remplie, malgré les inégalités inévitables de la voie, la locomotive ne repose qu'en trois points sur ses axes, soit au point médian seulement de l'axe avant, qui peut par conséquent légèrement pivoter en sens vertical. L'équilibre du wagon sur cet axe est garanti par deux puissants ressorts à boudin. La construction de cet axe est indiquée d'une manière détaillée sur les figures 16 et 19.

Les deux moteurs de 110 chevaux sont disposés à l'intérieur de la caisse de la locomotive. Ils sont munis de pôles commutateurs qui assurent une marche sans crachement aux balais, même à 20 pour 100 de surcharge. La disposition de l'appareillage de la locomotive est visible dans le schéma de la figure 17. Les deux moteurs sont connectés en série. Bien que cette disposition ait le désavantage de mettre la locomotive hors service en cas de défectuosité d'un des moteurs, elle a été choisie en vue de la sûreté de fonctionnement du frein à court-circuit lors de la descente. On sait que le freinage à court-circuit ne peut être appliqué pour des moteurs connectés en parallèle, qu'en faisant usage d'une conduite équipotentielle qui, toutefois, n'est plus de grande efficacité lorsqu'il s'agit de moteurs de grande puissance.

Un soin tout particulier a été mis à la construction du controller (*fig.* 20), qui est muni d'un nombre relativement grand de touches (13) afin d'assurer un démarrage très doux et d'éviter autant que possible des soubresauts de courant. Le soufflage de l'arc dans le controller se fait au moyen d'un électro-aimant à double enroulement et garantit, en conséquence, une rupture absolument sûre de l'ampérage maximum pouvant se présenter.

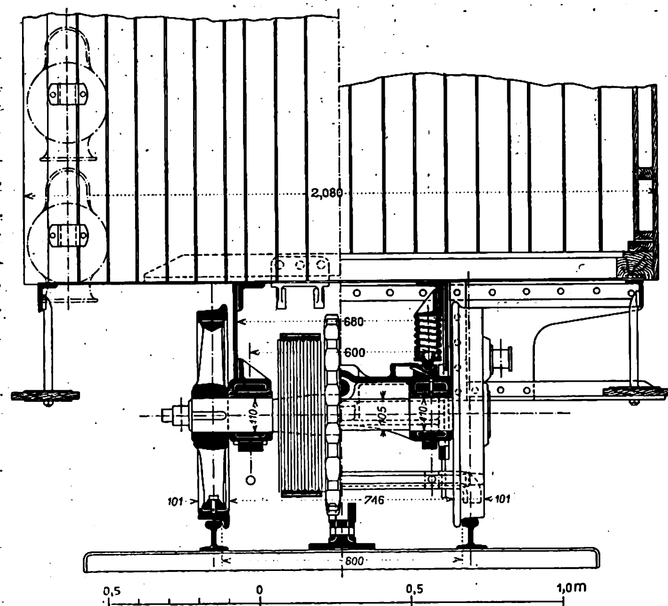
Le controller est disposé pour marche arrière et marche avant des moteurs avec le courant de contact; il permet en outre de connecter, pour la marche en sens avant, les deux moteurs sur un rhéostat, ces moteurs travaillant alors comme générateurs et servant de frein. Ces trois connexions différentes sont indiquées sur les schémas en dessous du schéma principal (*fig.* 17). Afin d'en pouvoir réduire le volume à un minimum, les résistances de démarrage et de freinage ont été prévues avec refroidissement arti-

ficiel. Elles sont enfermées, à cet effet, dans une caisse en tôle, devant l'ouverture arrière de laquelle on a placé un ventilateur mû électriquement. L'ouverture avant débouche à l'extérieur de la locomotive. Le moteur commandant le ventilateur peut être alimenté soit par du courant de la ligne de contact, soit par le courant engendré, à la descente, par les deux moteurs.

Outre les appareils de protection et les instruments nécessaires, la locomotive a été pourvue d'un tachymètre enregistreur Tel. L'éclairage et le chauffage de la locomotive et des wagons sont électriques. Une sonnerie électrique permet au personnel de la locomotive de communiquer avec le personnel du train et inversement.

L'organe de prise de courant (*fig.* 21) se compose de deux petits archets supportés par un cadre en tubes de fer. Lors du changement du sens de marche, seuls ces archets se déplacent, le cadre gardant toujours la même direction. Ce cadre peut être abaissé de l'intérieur de la locomotive.

La partie mécanique des locomotives a été exécutée par la fabrique suisse pour la construction de locomotives et de machines, à Winterthour; la partie électrique par les Ateliers de construction Œrlikon. Le poids total d'une locomotive est de 14200^{kg}, dont 8740^{kg} pour la partie mécanique et 5460^{kg} pour la partie électrique. La ligne de contact a été également installée par les Ateliers de construction Œrlikon.



Cliché de la « Schweizerische Bauzeitung ».

Fig. 19. — Coupe par un essieu et élévation.

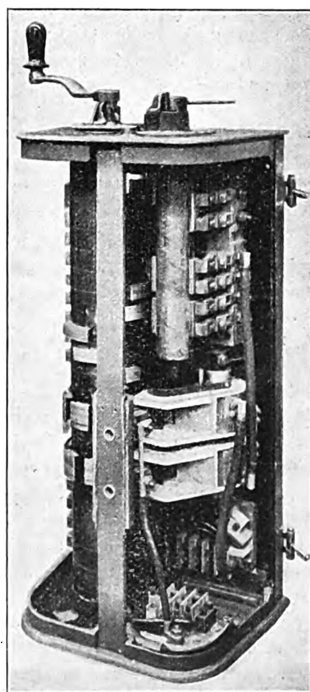


Fig. 20. — Controller.

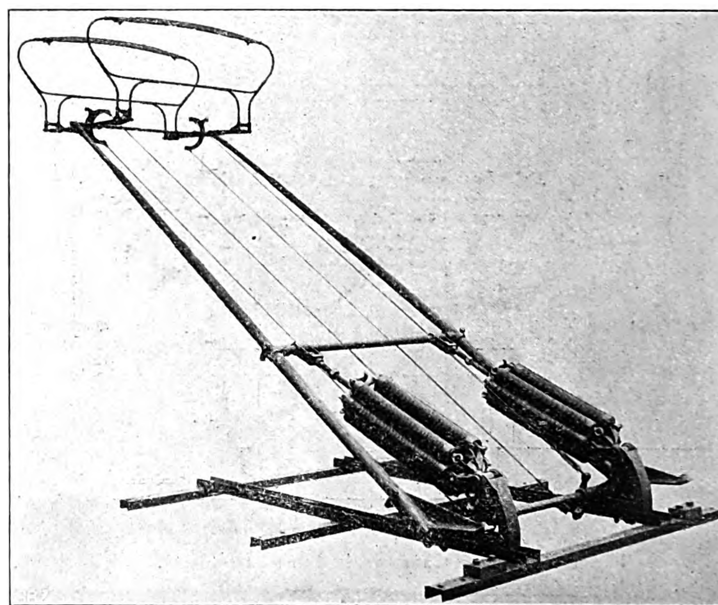


Fig. 21. — Archet de prise de courant.

Chaque locomotive est à même de remorquer un train d'un poids total de 46^t au maximum. Les vitesses admissibles sont de 12 km:h pour la descente.

GEORGES ZINDEL.

Locomotives électriques du chemin de fer de la Colombie britannique. (*Electrician*, t. LXIII, 3 sept. 1909, p. 832). — Le chemin de fer électrique de la Colombie britannique vient de mettre en service trois locomotives Dick-Kerr pouvant développer un effort au crochet de 11425^{kg}; ces locomotives sont à deux trucks à deux essieux articulés et elles sont munies de quatre moteurs à courant continu, un par essieu.

A chaque extrémité de la cabine se trouve un contrôleur; la commande s'effectue par le système à unités multiples au moyen d'électro-aimants en série.

Les moteurs, établis pour une tension de 600 volts, attaquent les roues au moyen d'engrenages dont le rapport est 3,64 : 1; à la vitesse de 24 km : h, avec les roues de 1060^{mm} de diamètre qu'ont les machines, ils donnent chacun un effort au crochet de 1830^{kg}.

La ventilation s'effectue au moyen d'air insufflé dans la carcasse du côté opposé au collecteur, et sortant du côté de celui-ci; cette circulation est assurée au moyen d'un ventilateur centrifuge placé avec son moteur au centre de la cabine; le moteur est contrôlé par un petit commutateur placé à côté du manipulateur.

Un compresseur, alimentant des réservoirs spéciaux, sert au fonctionnement des freins qui sont du type combiné direct et automatique.

Les dispositifs de prise de courant sont au nombre de deux et à roulette.

L'empattement total est de 7^m,350; l'empattement par truck de 2^m,450; la longueur totale de 12^m,250; la hauteur de 4^m,570; la largeur de 2^m,900.

En ordre de marche, les locomotives atteignent le poids de 50^t.

Ligne d'essais d'Orianenburg de l'A. E. G. — Cette ligne, installée par l'Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft, forme un circuit fermé constitué par deux demi-cercles de 200^m de rayon, reliés par deux portions en ligne droite de 250^m; la longueur totale est ainsi de 1750^m environ. L'énergie est fournie par l'usine de Brandenburg par une ligne à haute tension de 3^{km} de longueur.

D'après l'*Elektrotechnik und Maschinenbau* du 30 mai, les essais ont consisté dans la mise en marche à peu près continue d'une locomotive de 1050 chevaux alimentée par fil aérien sous la tension de 60000 volts et sous la fréquence 25 p : s, et remorquant un train de 375^t à la vitesse moyenne de 45 à 50 km : h. Cette locomotive est munie d'un dispositif automatique de réglage et peut être arrêtée ou mise en marche d'un poste fixe, de sorte qu'il n'est besoin d'aucun personnel sur le train.

A la vitesse de fonctionnement le train fait un tour complet en 2 minutes environ; on a donc l'équivalent d'un service de traction où les trains se succéderaient à cet intervalle, et l'on a pu ainsi se rendre compte des conditions qu'exige un service aussi intense.

La marche du train est maintenue pendant 20 heures par jour environ, avec une courte interruption pour la visite rapide de la locomotive, un examen plus attentif de celle-ci ayant lieu pendant les 4 heures d'interruption du service. Depuis le mois de septembre dernier, époque à laquelle ont été terminés des travaux de réfection de la canalisation aérienne, la locomotive a été presque continuellement en essais. Pendant les 4 mois d'octobre à fin janvier le nombre des kilomètres parcourus a dépassé 55000^{km}, dont 19000^{km} pour les essais faits dans le courant de janvier.

La plus grande vitesse que peut donner la locomotive est de 60 km : h; mais on peut l'augmenter en munissant la locomotive d'un quatrième moteur, de manière à porter sa puissance de 1050 à 1400 chevaux. Dans les conditions actuelles l'effort de traction développé est de 15^t.

MARINE.

L'emploi de l'électricité pour la propulsion des navires, par A.-P. CHALKLEY (*Electrical Review*, Londres, t. LXV, 23 et 30 juillet 1909, p. 153 et 193). — Aux vitesses moyennes de 20 nœuds et au-dessous, l'emploi des turbines sur les navires présente quelques difficultés, car, pour arriver à un rendement satisfaisant à la fois pour la turbine et pour l'hélice, celle-ci doit tourner lentement et le moteur rapidement. Dans son article, M. P. Chalkley passe en revue les principales solutions électromécaniques proposées pour remédier à cet inconvénient.

Dans le système Parsons, la vapeur, après avoir actionné les turbines ou même des machines alternatives à haute pression commandant l'arbre de couche, se rend dans des turbines à basse pression actionnant une génératrice dont le courant est recueilli par une réceptrice calée sur l'arbre de couche et qui vient en aide aux machines à haute pression. Ce système s'applique difficilement à des navires d'un tonnage supérieur à 5000^t, les turbo-générateurs de 1000 kilowatts étant d'entretien difficile à la mer.

Le système Brown-Boveri comporte trois turbines à faible vitesse actionnant trois hélices. Un turbo-générateur à haute pression et à grande vitesse alimente trois réceptrices calées sur les arbres de couche. Cette solution laisse subsister l'inconvénient des turbines à faible vitesse, mais présente en croisière l'avantage de permettre la marche à l'aide du courant électrique seul, les turbines à faible vitesse restant inactives pendant ce temps.

La maison Siemens a proposé une solution purement électrique du problème. La turbine à grande vitesse commanderait directement un alternateur triphasé dont le courant actionnerait trois moteurs monophasés entraînant directement trois hélices. L'excitation de la génératrice est assurée par une batterie d'accumulateurs.

Enfin les systèmes de M. Mavor et de M. Durtnall emploient : le premier un moteur, le second un générateur spécial qui donnent, par des dispositifs purement électriques, les variations de vitesses nécessaires à la marche aux différentes allures.

ÉCLAIRAGE.

ÉCLAIRAGE PAR ARC.

Lampe à arc Bardon à charbons convergents. — Le développement pris pendant ces dernières années par l'arc à flamme entre charbons minéralisés a amené les fabricants de lampes à apporter quelques modifications à leurs modèles, en vue de les rendre plus adéquates au nouveau procédé de production de la lumière. En particulier divers constructeurs, au lieu de conserver la disposition habituelle des charbons suivant une même ligne verticale, ont préféré reprendre la disposition en V, préconisée jadis par Rapieff aux débuts de l'éclairage électrique et adoptée plus récemment par Bremer. C'est qu'en effet cette disposition est

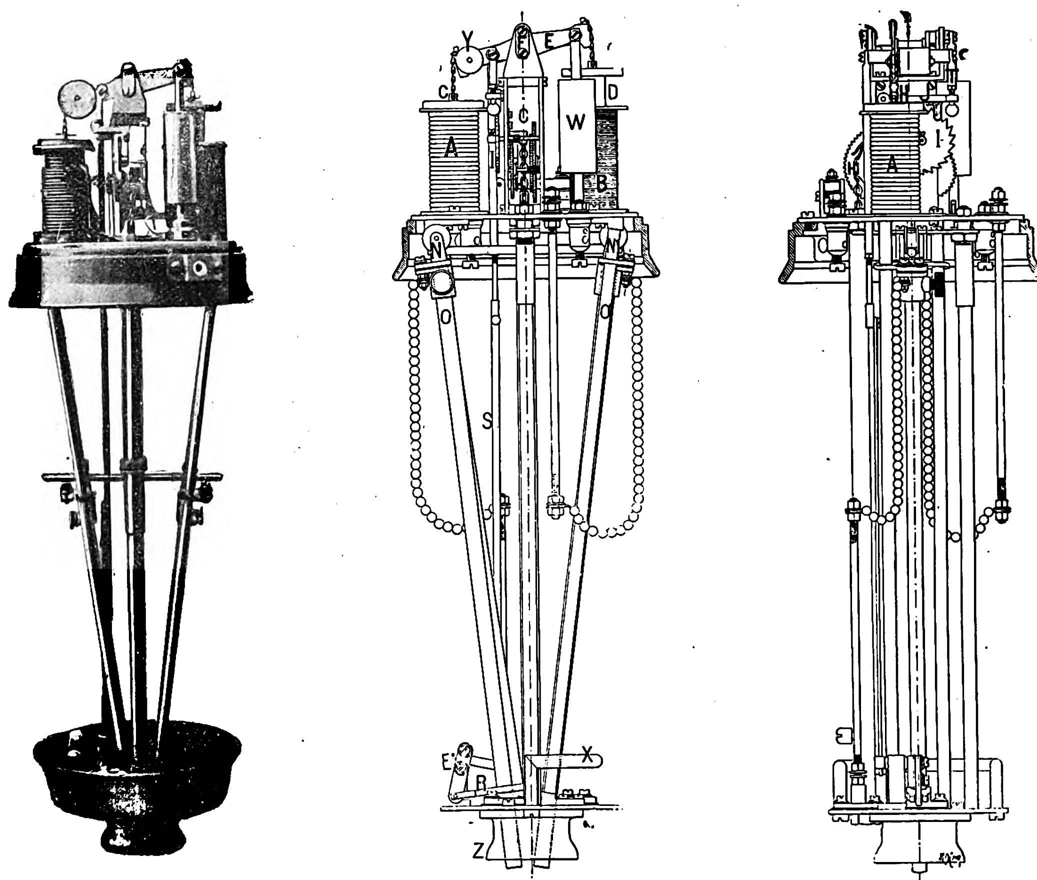


Fig. 1, 2, 3. — Vue d'ensemble et détails du mécanisme de la nouvelle lampe différentielle Bardon à charbons convergents.

particulièrement avantageuse dans le cas de l'arc à flamme, car d'une part elle fournit une excellente répartition du flux lumineux et, d'autre part, elle permet aux perles de substances minérales fondues de s'échapper de l'arc avant que leur grosseur soit suffisante pour compromettre la stabilité de celui-ci.

Mais si l'emploi des charbons convergents présente des avantages, il a aussi ses inconvénients, dont le plus grave est la difficulté de réaliser un mécanisme assurant le réglage de l'arc, mécanisme qui doit être d'autant plus robuste dans le cas de l'arc à flamme que celui-ci donne lieu à une notable quantité de poussières minérales qui finissent par pénétrer à l'intérieur de l'enveloppe protégeant le mécanisme et par entraver le libre fonctionnement des organes de celui-ci.

Dans le nouveau modèle créé par la maison Bardon, tous les organes délicats, tels que cordelettes, treuils, etc., dont la pratique a montré les inconvénients, ont été radicalement supprimés. Ce modèle est d'ailleurs du type différentiel comme tous les autres modèles que

construit cette maison, mais avec cette différence toutefois que l'enroulement en dérivation est plus puissant que celui en série, la prédominance de l'enroulement en dérivation étant indispensable parce que la tension aux bornes de l'arc à flamme croît moins rapidement avec la longueur que dans le cas de l'arc ordinaire.

La figure 1 montre l'ensemble de ce nouveau modèle de lampe; les figures 2 et 3 donnent des vues de face et de côté du mécanisme.

En A est l'enroulement en gros fil traversé par le courant total; en B, l'enroulement en fil fin, branché en dérivation avec l'arc. Dans chacun de ces solénoïdes pénètre un noyau de fer doux C et D, chacun d'eux étant respectivement suspendu aux extrémités d'un fléau E oscillant sur couteaux F. Le support du fléau forme une cage dans laquelle se trouve un rouage C dont le premier mobile porte une roue à empreintes sur laquelle repose une chaîne H et dont le dernier mobile est une roue d'échappement I normalement immobilisée par un doigt.

A l'une des extrémités de la chaîne H est suspendu un équipage composé d'une traverse horizontale coulissant sur deux guides verticaux, d'une tige pleine et d'un tube. Dans ce tube passe l'autre brin de la chaîne H, terminée par un bouton, bouton qui sert à tirer la chaîne pour remonter les porte-charbons lorsqu'ils doivent être regarnis. La traverse supporte une tige horizontale servant à guider les galets N et N' enchapés dans les porte-charbons O et O'; le guidage oblique de ces galets est en outre assuré par deux tiges inclinées suivant un angle déterminé et traversant les œilletons ménagés sur les porte-charbons.

L'extrémité du charbon de gauche passe au travers d'une plaquette R articulée sur l'équerre E', elle-même commandée par le fléau E au moyen d'une bielle S ayant la hauteur de la lampe. En se déplaçant, la plaquette entraîne le charbon qui la traverse et ainsi rapproche ou éloigne sa pointe de celle du charbon de droite.

Sur le fléau E s'articule également une tige à butée T pouvant soulever le doigt immobilisant la roue d'échappement. Les oscillations du fléau sont amorties par une pompe à air W, tandis qu'un contrepoids Y, fixé sur ce fléau, le maintient incliné du côté de la bobine à gros fil tant que le courant ne passe pas. Dans cette position, le doigt immobilise l'échappement en même temps que la plaquette R maintient les charbons à l'écart.

Enfin un petit électro-aimant X est disposé au-dessus de l'économiseur Z qui surmonte l'arc. Cet électro-aimant est traversé par le courant principal et joue le rôle de souffleur magnétique. L'action régulatrice de de ce souffleur s'ajoute à celle de la plaquette et en est le complément indispensable, l'arc à flamme étant long et peu stable.

Le mode de fonctionnement de ces divers organes est des plus simples. Quand on lance le courant, le solénoïde fin attire son noyau, faisant ainsi basculer le fléau en provoquant le défilage du rouage, ainsi que la mise au contact des charbons, par suite du déplacement de la plaquette R. A ce moment le courant est maximum, le solénoïde à gros fil attire son noyau et le fléau revient à sa position première, écartant les charbons et les immobilisant.

Au fur et à mesure de l'usure de ceux-ci, le solénoïde en fil fin B augmente de puissance et produit une lente inclinaison du fléau E Il arrive un moment où le doigt libère l'échappement et provoque un certain rapprochement des charbons jusqu'au moment où le solénoïde à gros fil le fait cesser.

Le fonctionnement se poursuit ainsi, la roue I échappant de temps en temps d'une dent.

La remarquable particularité de ce mécanisme, c'est que les moindres écarts de régime sont immédiatement corrigés par les mouvements de la plaquette qui règle ainsi constamment l'écart des charbons à la valeur convenable, pendant tout le temps que la roue d'échappement emploie à passer d'une dent à la suivante, mouvement qui ne peut être qu'intermittent. La fixité ainsi obtenue est irréprochable.

Jusqu'à ce jour, les lampes à charbons convergents étaient établies pour fonctionner à 8 ou 10 ampères, soit en dérivation, soit en série par 2 sous 110 volts, ou par 4 sous 200 volts. La lampe que nous venons de décrire, en raison de son extrême sensibilité, a l'avantage sur les modèles connus à ce jour de pouvoir fonctionner pratiquement depuis 8 ampères jusqu'à 12 ampères, même en série par 3 sous 115 volts et par conséquent par 5 sous 220 volts.

En courant continu, la résistance de réglage est constituée par un rhéostat qu'on peut remplacer par une bobine de self dans le cas du courant alternatif, pour la marche en série, ou par un transformateur à dispersion dans le cas de marche en dérivation.

ÉCLAIRAGE DES TRAINS.

Éclairage électrique des chemins de fer vicinaux, par MARCEL LEBOUCQ, ingénieur à la Société pour l'exploitation des voies ferrées en Belgique (*Bulletin de la Société belge d'Électriciens*, t. XXVI, juillet 1909, p. 396-404). — Dans cette Communication, l'auteur n'envisage que l'éclairage des trains mixtes, à voyageurs et à marchandises; il estime, en effet, que les lignes où l'intensité du trafic est assez grande pour justifier l'emploi des trains réservés uniquement aux voyageurs sont le plus souvent exploitées par l'électricité et que dès lors l'éclairage de ces trains ne soulève aucun problème spécial.

La solution préconisée par l'auteur pour les trains mixtes consiste dans la production du courant au moyen d'un petit groupe électrogène placé dans le fourgon et sa distribution aux lampes par câbles courant le long des voitures.

Le groupe électrogène comprend un moteur à essence lourde d'une puissance de 1,5 cheval, tournant à une vitesse de 800 t : m, et une dynamo shunt, directement accouplée, d'une puissance de 1 kilowatt, présentant une différence de potentiel de 24 volts. Le moteur est du type vertical Feyens, monocylindrique, construit dans les ateliers Joris, à Forest. La dynamo est du type bipolaire, avec balais en charbon. A côté du groupe se trouve un tableau comprenant un ampèremètre, un

voltmètre, un interrupteur, un court-circuit et une lampe témoin.

L'éclairage de chaque voiture est assuré par 4 lampes de 16 bougies consommant 1,5 watt par bougie. Les câbles sont placés sous tubes Bergmann pour la traversée des plates-formes ; dans l'intérieur ce sont des câbles souples sous tresse de coton.

Les plus longs trains vicinaux ne dépassant pas 10 voitures, la puissance requise pour l'éclairage de ces voitures est de $4 \times 16 \times 10 \times 1,5 = 960$ watts; il reste donc 40 watts, soit 4 pour 100 pour les pertes en ligne.

Le prix de revient de l'éclairage est établi par l'auteur comme il suit :

Les essais du moteur ont montré que la consommation en essence ne dépasse jamais 350^g par cheval-heure. Admettons que l'essence coûte 18^{fr} et l'huile de graissage 60^{fr} les 100^{kg}. Comme la production d'un kilowatt demande au moteur une puissance de 1,5 cheval, nous avons une consommation horaire totale par train de 525^g d'essence, soit une dépense de $0^{fr},094$, et une consommation de 10^g d'huile de graissage coûtant $0^{fr},006$, soit une dépense totale de $0^{fr},10$.

Avec le nombre maximum de lampes employées, la lampe-heure revient donc à $0^{fr},0025$.

Si l'on se place dans les conditions normales d'exploitation et qu'on admette comme composition usuelle un train formé de six voitures et d'un fourgon, on aura un total de 25 lampes, en n'en supposant qu'une seule dans le fourgon. En n'admettant aucune proportionnalité entre la consommation en essence et la puissance fournie par le moteur, la lampe-heure revient alors à $0^{fr},004$.

En considérant, tout au long d'une année, une durée d'éclairage de 7 heures par jour, en moyenne, cela nous conduit au total de 2555 heures. Chaque lampe de 16 bougies coûtera donc par an $10^{fr},22$; et une bougie-an reviendra à $0^{fr},64$ environ, sans faire entrer en ligne de compte aucune espèce d'entretien.

Pour le remplacement des lampes hors service ou brisées accidentellement et l'entretien général, l'auteur adresse une augmentation de 100 pour 100, ce qui, lui semble-t-il, est compté assez largement.

Le prix d'une lampe-an est alors de $20^{fr},45$, ce qui donne par bougie-an $1^{fr},28$.

Un parallèle entre le coût de l'éclairage électrique et celui de l'éclairage au pétrole est à l'avantage du premier. Différentes mesures faites par l'auteur montrent en effet que, tout compris, entretien, consommation, etc., l'éclairage pour une lampe ordinaire du type employé dans les voitures vicinales, d'une intensité de 5 bougies, coûte, par an, $49^{fr},50$, ce qui fait $8^{fr},25$ par bougie. Il en résulte donc que, à intensité lumineuse égale, l'éclairage au pétrole est 6,6 fois plus cher que l'éclairage électrique, et inversement, à prix égal, l'intensité lumineuse obtenue par le système d'éclairage à l'aide du groupe électrogène est 6,6 fois plus intense que celle que donne l'usage du pétrole.

Il convient d'ailleurs de noter que, pour arriver à l'égalité, soit à $20^{fr},45$ par lampe-an au pétrole, et en n'établissant aucun rapport entre les intensités lumineuses, il faudrait que celle-ci ne revienne pas à plus de $0^{fr},05$ par jour. Ce prix n'est certainement jamais atteint. Le fût-il même, qu'on n'arrive encore qu'au tiers de l'intensité lumineuse.

Le coût d'installation de l'équipement d'une voiture, y compris le câble de raccordement, est d'environ 150^{fr}.

Le groupe électrogène, complet et en ordre de marche, accompagné du tableau de distribution, y compris le placement d'une lampe dans le fourgon, coûte 2100^{fr}.

On arrive donc à une dépense totale de 3000^{fr} pour un train de six voitures.

Avec l'éclairage au pétrole, la dépense de premier établissement ne serait que de 75^{fr} par voiture, soit 525^{fr} par train de six voitures avec un fourgon.

Il reste donc à examiner au bout de combien de temps la différence, soit 2475^{fr}, sera compensée par l'économie réalisée sur l'éclairage.

Prenant comme exemple une ligne ordinaire dont l'exploitation nécessite la formation quotidienne de trois trains du type considéré, l'auteur établit que la dépense d'équipement électrique d'un train est regagnée au bout de 4 ans et demi, et celle des trois trains au bout de 13 ans et demi, en se plaçant dans les conditions les plus défavorables à l'éclairage électrique. Si l'on tient compte du fait que l'éclairage par le pétrole coûte souvent 57^{fr} à 59^{fr} par lampe quand l'installation a déjà servi quelques années, le laps de temps au bout duquel l'équipement électrique des trois trains est payé par les économies réalisées est réduit à 8 ans.

On voit par suite que l'éclairage électrique peut lutter économiquement avec l'éclairage au pétrole. Il a d'ailleurs l'avantage sur ce dernier de diminuer considérablement les chances d'incendie en cas d'accident. En outre il donne un éclairement beaucoup plus satisfaisant, puisque chaque voiture contient alors 4 lampes de 16 bougies au lieu de 2 lampes à pétrole de 5 bougies.

TRAVAUX SCIENTIFIQUES.

RADIOACTIVITÉ.

La transmutation des métaux sous l'influence du radium (*Bulletin technique de la Suisse romande*, 35e année, 25 octobre 1909, p. 231). — Diverses expériences du grand chimiste anglais, Sir William Ramsay, laissent penser que, contrairement à l'opinion qui a prévalu pendant tout le XIXe siècle, il est possible de transformer un corps simple en un autre corps simple. Dans son dernier numéro, notre confrère suisse publie à ce propos une note que, en raison de sa clarté et de sa brièveté, nous reproduisons intégralement :

« La vieille chimère des alchimistes deviendrait-elle une réalité et allons-nous voir les chimistes du XXe siècle opérer la transmutation des métaux? Un illustre savant anglais, Sir W. Ramsay, prétend avoir transformé le plomb en charbon. Voici d'ailleurs les faits : Sir W. Ramsay a découvert, il y a deux ans, que l'émanation du radium se décompose spontanément en hélium, un gaz qu'on rencontre dans l'atmosphère terrestre en quantité très minime et dans les protubérances solaires, et en d'autres corps non encore déterminés.

» Si la décomposition de l'émanation a lieu en présence d'eau, on n'obtient plus de l'hélium, mais du néon; et si elle a lieu en présence d'un sel de cuivre, elle fournit de l'argon.

» Le néon et l'argon sont deux gaz *nobles* de l'atmosphère terrestre.

» Mais examinons les choses de plus près : tous ces gaz, produits de la décomposition de l'émanation du radium, font partie d'une même famille (colonne O de la classification de Mendéléieff). Groupons-les par ordre de leurs poids atomiques croissants, nous aurons :

	Poids atomiques.
Hélium	4
Néon	20
Argon	39,9
Krypton	81,8
Xénon	128

» Quant à l'émanation, on peut y attribuer un poids atomique de 200. Nous voyons donc que l'émanation, suivant les conditions dans lesquelles s'effectue sa décomposition, fait apparaître différents corps qui font tous partie de la même famille chimique et ont un poids atomique plus ou moins petit suivant que l'énergie de l'émanation est employée tout entière à sa propre décomposition ou qu'une fraction de cette énergie est absorbée par un travail accessoire de décomposition. Nous avons dit en effet que, abandonnée à elle-même, l'émanation produit spontanément de l'hélium dont le poids atomique est le plus petit de tous ceux des corps de la famille, mais, que si une partie de l'énergie doit fournir un travail de décomposition secondaire, on obtient un gaz dont le poids atomique est plus grand que celui de l'hélium, soit le néon lorsque cette décomposition secondaire est celle de l'eau, et l'argon si c'est celle d'un sel de cuivre. Dans ce dernier cas, Ramsay a reconnu en outre le lithium parmi les produits de la décomposition. Or, le lithium (poids atomique 7,03) appartient à la même famille chimique que le cuivre (poids atomique 63,6). Ramsay, appliquant ici sa théorie que nous avons exposée plus haut, de la décomposition d'un corps simple en corps simples de poids atomiques plus petits, émit l'idée que le cuivre, sous l'influence de l'émanation du radium, avait été *décomposé* et que le lithium était un produit de cette décomposition. Afin de confirmer ses vues, Ramsay étudia l'influence de l'émanation sur les corps simples d'une autre famille; il choisit celle du carbone (colonne IV du système périodique de Mendéléieff). Cette famille contient les éléments suivants, rangés par ordre de poids atomiques croissants : carbone, silicium, titane, germanium, zirconium, étain, cérium, plomb, thorium.

» Si la théorie de Ramsay est exacte, l'action de l'émanation sur le thorium, le plomb, le zirconium, le titane, le silicium doit aboutir à la formation de carbone : c'est bien ce que l'expérience a prouvé. Après avoir laissé l'émanation pendant un mois au contact de sels des métaux précédents, Ramsay et Usher ont toujours trouvé parmi les produits de décomposition l'acide carbonique CO^2 et l'oxyde de carbone CO qui signalaient la présence du charbon. Les résultats de ces remarquables expériences ont été consignés dans une note parue dans les *Beritche der deutschen chemischen Gesellschaft* (t. XLII, cahier n° 13, 25 septembre 1909). Nous y empruntons le tableau suivant : la première colonne contient les sels choisis pour l'expérience, la seconde le volume d'émanation employé, la troisième et la quatrième les volumes de CO^2 et de CO obtenus, la cinquième les poids en milligrammes de charbon obtenus par millimètre cube d'émanation.

Solutions.	Volume de l'émanation en millimètre cube.	CO^2 en centimètre cube.	CO en centimètre cube.	Quantité de carbone en mg produite par millimètre cube d'émanation.
Acide hydrofluosilicique..	0,0724	0,063	»	0,518
Sulfate de titane.........	0,0912	0,054	0,096	0,982
Azotate de zirconium....	0,0692	0,116	0,008	1,071
»	0,0865	0,124	0,002	0,873
Azotate de thorium......	0,1120	0,551	»	2,93
»	0,0765	0,124	»	0,968
Chlorate de plomb.......	0,0649	0,007	0,006	0,102

» Nous étions donc autorisé à intituler cet article *Transmutation des métaux*. Et maintenant, dites-moi, je vous prie, qu'est-ce que c'est qu'un corps simple ?

» Les découvertes de Ramsay et Usher seront-elles confirmées? Elles susciteront en tout cas de nombreuses recherches, et les chimistes du monde entier seront sur les dents, ceux du moins qui sont assez riches pour s'offrir quelque miette de radium. Mais, diront les gens utilitaires, transformer du plomb en charbon, c'est un exercice curieux évidemment; toutefois ne pourrait-on pas transformer le plomb en or? Hélas! non; le plomb et l'or n'appartiennent pas à la même famille chimique, et nous avons vu que la transmutation ne s'opère qu'entre corps de la même famille. Mais, le cuivre et l'or sont proches parents, donc... Eh bien, non encore, car l'or a pour poids atomique 197 et le cuivre, 63 : c'est donc l'or que nous transformerions en cuivre, ce qui n'en vaut vraiment pas la peine.

» Quoi qu'il en soit, et pour finir, saluons ces bons vieux alchimistes, ces rêveurs impénitents, qu'on a trop bafoués et qui n'étaient probablement pas aussi fous qu'on a bien voulu le dire. »

Sur l'influence probable du mouvement de la Lune sur la radioactivité atmosphérique, par Paul BESSON (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CXLIX, 11 octobre 1909, p. 595). — Des mesures faites en 1908 et 1909, sur la radioactivité des eaux d'Uriage, avaient conduit M. Besson à reconnaître que cette radioactivité est fonction de la pression, augmentant quand celle-ci diminue. Pensant que la marée de l'écorce terrestre due au mouvement de la Lune pouvait également avoir une influence sur la radioactivité, il groupa ses observations d'après le moment où elles furent exécutées par rapport au moment du passage de la Lune au méridien. Il constata ainsi que la radioactivité est, pour une même pression, plus grande au moment du passage de la Lune au méridien que lorsque celle-ci passe au méridien antipode.

L'auteur fait remarquer que, si la Lune a une influence sur la radioactivité de l'atmosphère, la croyance populaire de son action sur les variations du temps se trouverait confirmée, la variation de la radioactivité multipliant ou réduisant les centres de condensation de la vapeur d'eau.

DIVERS.

Effets des ébranlements mécaniques sur le résidu des condensateurs, par Paul-L. MERCANTON (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CXLIX, 11 octobre 1909, p. 591). — L'effet considérable qu'exercent les ébranlements mécaniques sur l'aimantation résiduelle des substances ferromagnétiques permettait de penser qu'on observerait un effet du même genre sur le résidu électrique des diélectriques soumis à un champ. La recherche de l'existence de cet effet présente d'ailleurs un intérêt scientifique important, car, tandis que certains physiciens expliquent la charge résiduelle des condensateurs par une conductibilité du diélectrique, les autres l'attribuent à des réactions élastiques entre molécules déformées ou déplacées par le champ. Or, avec la première explication il est peu probable que les ébranlements mécaniques aient quelque influence, tandis qu'avec la seconde leur influence est au contraire très probable.

Jusqu'ici Hopkinson seul s'était occupé de cette question dans un travail sur la charge résiduelle des bouteilles de Leyde, publié en 1876 (*Phil. Trans.*, t. CLXVI, part II, p. 489-494), et aurait constaté que des chocs sur le col d'une de ces bouteilles accéléraient la réapparition des charges résiduelles. Les expériences que vient de faire M. Mercanton ont, au contraire, donné un résultat négatif, ou plutôt ont fourni des nombres qui sont de l'ordre de grandeur des erreurs expérimentales. Aussi M. Mercanton conclut-il que ses observations, sans permettre de nier une action possible des ébranlements, montrent que cette influence, si elle existe, est incomparablement plus faible que celle qu'ils exercent sur l'état magnétique des substances ferromagnétiques.

Observation faite, parallèlement aux lignes de force, des dissymétries de positions et d'intensités des composantes magnétiques de certaines raies d'émission; nouveau type de dissymétrie de position, par A. DUFOUR (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CXLVIII, 14 juin 1909, p. 1594). — L'étude des modifications que subissent les raies dans le champ magnétique a montré que, le plus souvent, une raie fournit un certain nombre de composantes, dont les intensités et les places dans l'échelle des fréquences admettent un axe de symétrie qui a, jusqu'ici, paru être presque toujours la raie primitive elle-même. Pour ces raies à décomposition symétrique, l'étude dn phénomène de Zeeman, faite parallèlement ou perpendiculairement au champ, a toujours fourni, dans ces deux cas, les mêmes résultats aussi bien au point de vue de la place que de l'intensité des composantes.

Au cours des recherches qu'il poursuit sur les bandes des vapeurs, l'auteur a rencontré quelques raies à composantes magnétiques dissymétriques; de pareilles décompositions dissymétriques ont d'ailleurs déjà été signalées pour certaines raies d'émission, en particulier par Jack (1), Moore (2), etc. Mais ces décompositions dissymétriques des raies d'émission n'avaient été obtenues que dans l'observation de la lumière émise perpendiculairement aux lignes de force magnétiques, de sorte qu'il y avait un certain intérêt à voir si ces dissymétries se retrouvaient dans l'observation longitudinale des raies d'émission.

En étudiant les raies d'émission données par l'oxyde de chrome, M. Dufour a constaté que, lorsqu'il y a dissymétrie dans le cas de l'observation transversale, il y a également dissymétrie dans le cas de l'observation longitudinale. Il a, en outre, observé un nouveau type de dissymétrie que les théories actuelles du phénomène de Zeeman n'expliquent pas complètement.

(1) JACK, *Thèse* (Göttingen), 1908.

(2) MOORE, *Physikalische Zeitschrift*, t. X, 1909, p. 297.

VARIÉTÉS. — INFORMATIONS.

LÉGISLATION, RÉGLEMENTATION.

LOI prorogeant la date des échéances lorsque le 1er novembre sera un lundi.

Le Sénat et la Chambre des Députés ont adopté,

Le Président de la République promulgue la loi dont la teneur suit :

Article unique. — Lorsque la fête légale du 1er novembre tombera un lundi, aucun payement d'aucune sorte sur effet, mandat, chèque, compte courant, dépôt de fonds ou de titres ou autrement ne peut être exigé, ni aucun protêt dressé, le lendemain 2 novembre.

Toutefois, le protêt des effets impayés ne pouvant être dressé que le mercredi suivant conservera toute sa valeur à l'égard du tiré et des tiers, nonobstant toutes dispositions antérieures contraires.

La présente loi, délibérée et adoptée par le Sénat et par la Chambre des Députés, sera exécutée comme loi de l'État.

Fait à Paris, le 29 octobre 1909.

A. Fallières.

Par le Président de la République :

Le Ministre du Commerce et de l'Industrie,
Jean Dupuy.

Le Ministre des Finances,
Georges Cochery.

Le Garde des Sceaux, Ministre de la Justice,
Louis Barthou.

(*Journal officiel* du 30 octobre 1909.)

Circulaire de M. le Ministre des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes, du 17 mars 1909, relative à l'emprunt des voies ferrées par les distributions d'énergie électrique et à la nécessité de ne les autoriser que dans les cas exceptionnels (1).

Paris, le 17 mars 1909.

Le Ministre
à M. le Préfet du département d

Mon attention a été appelée sur la tendance qu'ont les Sociétés de distribution d'énergie électrique à emprunter, pour la pose de leurs canalisations, les emprises des voies ferrées, même lorsque ces emprises n'ont qu'une faible largeur et lorsque les conducteurs électriques pourraient sans difficulté être placés sur le sol des propriétés riveraines.

J'ai cependant indiqué, dans une circulaire en date du 5 septembre 1908, que, s'il est nécessaire de donner toutes facilités aux entreprises de distribution d'énergie pour la traversée des voies ferrées, l'emprunt longitudinal de ces voies ne doit être autorisé qu'à titre exceptionnel.

Ce n'est pas, en effet, pour recevoir des réseaux de distribution d'énergie qu'ont été établis les chemins de fer, et, d'autre part, l'existence de conducteurs électriques dans l'emprise des voies ferrées présente des inconvénients qui deviendront de plus en plus sensibles à mesure que l'exploitation de ces voies utilisera des dispositifs électriques, surtout si l'emprise dont il s'agit a une faible largeur.

En principe, la pose de conducteurs électriques sur les emprises de chemins de fer ne doit être autorisée que dans les parties où ces emprises sont assez larges pour que les conducteurs puissent être établis à une assez grande distance des rails. Si cette condition n'est pas remplie, l'emprunt n'est admissible que dans le cas où les canalisations électriques ne pourraient éviter d'emprunter la voie ferrée sans rencontrer des difficultés exceptionnelles, et il ne doit être autorisé que sous les réserves nécessaires pour qu'il ne puisse, dans l'avenir, ni gêner l'exploitation ni compromettre la sécurité du chemin de fer.

L'assentiment que peuvent donner aux emprunts des voies ferrées, par des conducteurs électriques, les Compagnies concessionnaires de ces voies ferrées, ne dispense nullement le Service du contrôle d'examiner avec le plus grand soin si ces emprunts sont justifiés par des motifs exceptionnels. Les Compagnies concessionnaires, dont la concession n'a qu'une durée limitée, sont en effet portées à envisager les conditions actuelles de leur exploitation plutôt que les transformations à prévoir dans un avenir plus ou moins lointain. L'État doit, au contraire, se préoccuper de ces transformations et éviter la création de servitudes qui pourraient ultérieurement rendre plus difficile l'application de l'électricité à la manœuvre des signaux et à la traction des convois.

Il est important que les considérations qui précèdent ne soient pas perdues de vue par les divers services intéressés. Il conviendra donc que MM. les Ingénieurs du contrôle des distributions d'énergie électrique recherchent, quand ils instruiront les projets de distributions, les moyens d'éviter des emprunts de voies ferrées qui ne seraient pas justifiés par des raisons exceptionnelles; MM. les Ingénieurs du contrôle des chemins de fer devront, de leur côté, vérifier et justifier avec soin l'existence de ces motifs exceptionnels quand ils m'adresseront des avis favorables à des projets d'emprunts.

J'ai remarqué, d'autre part, que l'Administration est parfois saisie d'un projet de canalisation électrique à établir sur l'emprise d'une voie ferrée sans que le pétitionnaire fournisse des renseignements sur l'ensemble de la distribution dont fait partie cette canalisation.

Bien que les décisions ministérielles qui interviennent en pareille matière se bornent généralement à fixer les conditions dans lesquelles l'occupation du domaine public peut être admise, laissant à l'autorité compétente le soin d'autoriser l'établissement du réseau de distribution auquel appartient l'emprunt projeté, il est indispensable, pour que le degré d'utilité de cet emprunt puisse être apprécié, que le projet y relatif contienne des indications suffisamment précises sur les dispositions de l'ensemble du réseau. Les projets d'emprunts qui ne satisferaient pas à cette condition devront être complétés par les pétitionnaires.

J'adresse ampliation de la présente circulaire à MM. les ingénieurs en chef du contrôle des distributions d'énergie

(1) Ministère des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes. — Direction des chemins de fer. — Division de l'exploitation. — 3e Bureau. — Circulaire, série A, n° 2. — Direction des routes, de la navigation et des mines. — Division des routes et des ponts. — 2e Bureau. — Circulaire A, n° 2. — Emprunt des voies ferrées par des distributions d'énergie électrique. — Nécessité de ne les autoriser que dans des cas exceptionnels.

électrique et à MM. les ingénieurs en chef du contrôle des chemins de fer.

LOUIS BARTHOU.

JURISPRUDENCE ET CONTENTIEUX.

Extrait du procès-verbal de la séance du 25 octobre 1909 du Comité consultatif du Syndicat Professionnel des Usines d'Électricité.

Présents : MM. Frénoy, président; Fontaine, secrétaire général; Cochegrus, de Clarens, Doucerain, Duvaux, Hussenot, Philippart, Sirey.

CONSEIL D'ÉTAT. — M. le Secrétaire général communique au Comité les arrêts suivants : 7 mai 1909, ville du Croisic contre sieur Belle de Coste. Traité de distribution d'eau n'ayant pas reçu l'approbation préfectorale, droit de la commune de disposer de la concession. — 14 mai 1909, Compagnie générale des Eaux contre le Préfet de la Seine. Entrepôt industriel pour matériaux destinés à la construction d'un réservoir, réservoir destiné à l'alimentation de canalisations intercommunales, matériaux non assimilables aux matières premières admissibles à l'entrepôt à domicile. — 26 mai 1909, Société des Usines à gaz du Nord et de l'Est contre Conseil de préfecture de la Meuse. Demande en réduction de la contribution des patentes (Circulaires n° 49, 51 et 56 du Syndicat professionnel de l'Industrie du Gaz.) — 27 mai 1909, Compagnie générale d'Électricité de Marseille. Bureaux industriels, habitation personnelle, contribution mobilière, année 1906. — 9 juin 1909, Société grenobloise de force et de lumière. Interprétation d'une décision du Conseil d'État en date du 1er août 1906, patentes, droit proportionnel (*Électricien*, 7 août 1909). — 2 juillet 1909, Compagnie des Tramways électriques de Lille. Préfet du Nord, octrois, entrepôt, chemins de fer, exploitation, construction, matériaux, tramways locaux, décret du 12 février 1870, inapplicabilité (*Loi*, 16 juillet 1909). — 16 juillet 1909, Sibadé, Parazols et autres c. ville de Montpellier. Commune, concession d'eau, dérivation, excédent, dommages, réparations (*Loi*, 31 juillet 1909). — 23 juillet 1909, Combrat. Commune, services municipaux, traités de gré à gré, approbation préfectorale (*Loi*, 21 septembre 1909). — 30 juillet 1909, Compagnie électrique de la Loire et Compagnie des Tramways électriques de Saint-Étienne contre l'État et les époux Collard (Circulaire n° 63 du Syndicat professionnel de l'Industrie du Gaz).

CONSEIL DE PRÉFECTURE. — M. le Secrétaire général rend compte des arrêtés suivants : 16 mars 1909, Société du Gaz et de l'Électricité de Marseille contre ville de Marseille et sieur Gay. Police d'abonnement au gaz, clauses introduites par le Conseil municipal, interprétation de traité, clauses non conformes au traité, rejet. — 27 mai 1909, Compagnie du Gaz de Perpignan contre ville de Perpignan. Concurrence irrégulière de l'électricité, expertise, indemnités. (Circulaires nos 47 et 58 du Syndicat professionnel de l'Industrie du Gaz).

TRIBUNAUX CIVILS. — M. le Secrétaire général soumet au Comité les jugements suivants : Anvers, 29 mars 1909, Claútriau contre ville d'Anvers. 1° Commune, responsabilité, troubles, maintien de l'ordre, solidarité des habitants. 2° Conclusions, cause en état, mise en demeure (*Loi*, 23 octobre 1909). — Seine, 17 mai 1909, Mutuelle de Paris contre Blomez. Assurance, avis de sinistre, lettre recommandée, carte pneumatique, défaut de déclaration devant le juge de paix, pas de déchéance (*Loi*, 7 octobre 1909). — La Rochelle, 22 juin 1909, Compagnie d'Éclairage et de Force contre ville de La Rochelle. Octroi sur matériel de canalisation électrique aérienne (Circulaire n° 62 du Syndicat professionnel de l'Industrie du Gaz).

JUSTICE DE PAIX. — Est communiqué au Comité le jugement du Tribunal de Neuville-sur-Saône du 29 avril 1909, Doudard contre Darbois. Arbres, plantation, distance, élagage, articles 671 et 672 Code civil, usages locaux (*Loi*, 19 juillet 1909).

REPOS HEBDOMADAIRE. — Il est donné connaissance de l'arrêt de la Cour d'appel de Poitiers du 25 juin 1909, Ministère public contre Barbazange. Repos hebdomadaire, usine électrique, dépendance d'une Compagnie de tramways, ingénieurs du contrôle, compétence exclusive, inspecteur du travail incompétent (*Loi*, 6 août 1909).

INTERPRÉTATION DE BAIL. — Connaissance prise des questions posées par un adhérent du Sud-Est et du bail à étudier, le Comité consultatif donne l'avis suivant :

En matière de bail de moulins, on est obligé de se reporter aux usages suivis dans chaque localité pour déterminer les réparations qui doivent être réputées *locatives* et comme telles doivent rester à la charge du preneur aux termes de l'article 1754 du Code civil.

Suivant l'usage le plus généralement reçu dans le ressort de l'ancienne coutume de Paris et qui est constaté par Desgodets et reproduit par les auteurs modernes, « les réparations à faire, dans un moulin, *aux palées, aux vannes, tournants et travaillants*, aux câbles, vérins, pinces de fer, aux corbeilles à engrener, etc., et autres objets mobiliers servant à l'exploitation du moulin, sont à la charge du fermier, lors même que la dégradation provient de l'usage naturel de la chose ». (*Voir* Desgodets, Goupy et Lepage, part. 2, p. 161 et suiv.)

Aux termes de cette ancienne coutume, par conséquent, les réparations à faire à la couronne mobile, aux aubes du distributeur seraient à la charge du preneur, si leur dégradation provenait de l'usage naturel de la turbine; de même pour les autres organes dont il est parlé dans la question : vannes, grilles, coussinets, transmissions, dentures d'engrenage, etc.

En cas de remplacement ou de réfection d'organes usés par le preneur, *si le bail est à la prisée*, c'est-à-dire si le matériel mis à la disposition du locataire est estimé à l'entrée et à la sortie, la différence de valeur de ce matériel envisagé à ces deux époques donne lieu à une indemnité au profit du preneur s'il y a plus-value par suite des remplacements ou réfections faits par celui-ci (*Répertoire du Droit français* de Carpentier et du Saint, v°, bail à loyer, n° 271); sauf toutefois le cas où le preneur, sans le consentement du propriétaire, aurait changé complètement le système du moteur et l'aurait remplacé par un plus coûteux, modifiant ainsi l'agencement des lieux loués, qu'il aurait dû rendre en principe dans l'état où il les avait pris (Cassation, 3 janvier 1849; Sirey, 49, I, 95).

INTERPRÉTATION DE TRAITÉS DE GAZ. — Répondant aux questions posées par une Société de l'Est, le Comité consultatif répond :

Le traité de la Compagnie du gaz confère à la Compagnie concessionnaire le privilège exclusif de la pose des conduites du gaz servant à l'éclairage public et particulier, et *à tous autres emplois* pour les besoins de la ville, des manufactures, ateliers et magasins et des particuliers, avec le pouvoir exclusif d'essayer de faire et de vendre de l'acétylène, de l'électricité et de poser des câbles sous le sol et des fils aériens destinés à l'éclairage, tous les droits des particuliers étant réservés.

En principe, un tel traité met obstacle à ce que la commune puisse accorder à une autre entreprise une concession ou des autorisations pour l'établissement d'une distribution d'électricité pour l'éclairage.

Mais, en ce qui touche la force motrice électrique, la clause

du dernier paragraphe de l'article 1 n'est pas claire et l'on pourrait soutenir que le droit de faire et de vendre de l'électricité ne pouvant être monopolisé et la Compagnie du gaz ne se réservant, d'autre part, un pouvoir exclusif que pour la pose « *des câbles sous le sol et des fils aériens destinés à l'éclairage* », la distribution de l'énergie électrique pour la force motrice reste libre.

Dans tous les cas, sous l'empire de ce traité, antérieur à la loi du 15 juin 1906, l'éclairage des locaux où l'énergie électrique aurait été utilisée par la force motrice serait resté monopolisé au profit de la Compagnie du gaz.

Après examen du cahier des charges pour l'éclairage au gaz soumis par un adhérent, le Comité consultatif indique qu'il n'y a pas de clause plus caractéristique de celle du monopole que celle inscrite dans le traité; puisque le concessionnaire est tenu de faire profiter la ville du nouveau mode d'éclairage, il a donc le monopole de l'éclairage. Ce n'est pas simplement un droit de préférence, c'est un droit absolu. On peut évidemment mettre le concessionnaire en demeure de faire profiter la ville du nouveau procédé et, s'il ne répond pas à cette mise en demeure, la ville peut devenir libre, mais le concessionnaire a plus qu'un droit de préférence.

Répondant à la lettre de M. X... et après examen du traité communiqué, le Comité consultatif donne l'avis ci-dessous :

La Compagnie du gaz a le monopole de l'éclairage; on ne peut pas la mettre en face d'un contrat présenté par un tiers et le lui imposer. La Compagnie du gaz a le droit qu'elle tient de son contrat de remplacer l'éclairage au gaz par le nouveau procédé, sauf à discuter devant les experts ou le Conseil de préfecture les conditions d'application du nouvel éclairage.

En réponse aux questions posées par un membre du Syndicat, le Comité consultatif donne la consultation suivante :

Connaissance prise du traité du gaz et notamment de l'article 1 et de l'article 37, le Comité estime que la Compagnie du gaz est concessionnaire d'un privilège exclusif pour le service de l'éclairage public et particulier de la ville.

Conformément à une jurisprudence constante du Conseil d'État, la ville ne saurait, à raison de ce privilège ainsi concédé, autoriser une société d'électricité à établir des canalisations en vue de la distribution de l'éclairage électrique aux particuliers, car, en spécifiant dans l'article 37 du traité du gaz les conditions dans lesquelles la société concessionnaire du gaz serait obligée de la faire profiter des avantages d'un nouveau mode d'éclairage, elle a précisé le sens des engagements contractés par elle vis-à-vis de ladite concession et la portée du privilège qu'elle entendait lui concéder.

A plus forte raison la ville ne pouvait-elle accorder à une société d'électricité une concession pour le service de l'éclairage particulier; une telle concession constituerait une violation du contrat du gaz.

En ce qui concerne la possibilité pour cette ville de concéder des autorisations ou même une concession pour la distribution de la force motrice électrique, le Comité consultatif indique qu'il ne pourrait en être ainsi que si la Compagnie du gaz n'était pas concessionnaire du monopole de la force motrice.

Il n'existe pas de jurisprudence sur ce point délicat. Le privilège de la distribution de l'énergie électrique pour la force motrice (avant la loi de 1906) paraît être considéré comme valable et efficace par un arrêt du Conseil d'État de janvier 1907 (Soisson contre ville d'Auxerre); mais il n'a rien été jugé au sujet du gaz.

Dans le doute, nous estimons que la Société d'électricité pourrait demander à la ville la concession de la distribution de l'énergie pour la force, sous la condition que ses propositions seront soumises à la Compagnie du gaz pour que celle-ci puisse exercer la préférence si elle le croit utile; à défaut, la concession resterait maintenue à la Société d'électricité définitivement.

La Société d'électricité pourrait demander des permissions de voirie pour traverser la commune en vue d'éclairer un village situé en dehors de la commune.

Mais pour éclairer un village situé sur le territoire de la commune, bien qu'en dehors de la ville, il semble qu'avant toute délivrance de permissions de voirie au profit de la Société d'électricité, la Société du gaz devrait être mise en demeure d'éclairer le village en question; en cas de refus de celle-ci, les permissions pourraient être accordées à la Société d'électricité.

Répondant à une question posée par un adhérent du Nord et connaissance prise du traité de la Compagnie du gaz, le Comité consultatif donne l'avis suivant :

Le droit, pour une commune, de concéder, en même temps que le service de l'éclairage, le privilège exclusif de la distribution de la force motrice a été sérieusement contesté; un arrêt du Conseil d'État du 5 janvier 1907 (affaire Soisson) semble avoir admis la validité de ce privilège pour les concessions d'énergie électrique antérieures à la loi de 1906, sous le régime de laquelle il ne peut plus être concédé.

La théorie, d'après laquelle la concession du privilège de l'éclairage public et privé au gaz entraîne l'extension du privilège à tout système d'éclairage, peut-elle être étendue à la force motrice ?

Le Comité ne le croit pas, parce qu'il n'y a aucune raison de considérer la force motrice comme *indivisible de l'éclairage*, alors qu'au contraire l'éclairage privé est considéré comme indivisible de l'éclairage public pour des motifs d'ordre administratif des plus sérieux. Donc, suivant nous, le monopole de la canalisation du gaz pour la force motrice, dans une concession d'éclairage au gaz, constituant une exception, devra être strictement limité *à la force motrice produite* par le gaz. La distribution de la force motrice par l'électricité serait donc libre.

Répondant à une deuxième question du même adhérent, le Comité donne l'avis ci-après :

Si l'entrepreneur de la production de l'énergie électrique est établi dans un îlot, sans avoir eu à demander aucune espèce d'autorisation pour le passage de fils sur les voies publiques, s'il n'a souscrit vis-à-vis de la commune aucune espèce de garantie pour le cas où la Compagnie du gaz ferait un procès à celle-ci à raison de la concurrence électrique, il ne court aucun risque si son client obtient de l'autorité compétente l'autorisation d'établir au-dessus des voies publiques une ligne destinée à transporter jusqu'à son magasin et son habitation le courant qui servira à leur éclairage.

Mais c'est à la condition que le client agisse en vertu d'autorisations de voirie régulières qu'il devra demander au Préfet conformément aux articles 3 et suivants du Règlement d'administration publique du 3 avril 1900. Le client agissant en vue de son usage personnel ne pourra être considéré comme faisant acte d'entreprise concurrente et obtiendra ainsi plus facilement les autorisations sollicitées.

Toutefois, pour se mettre à l'abri de toute réclamation éventuelle, l'entrepreneur doit laisser son client demander en son nom et pour son usage personnel les autorisations de voirie nécessaires.

INTERPRÉTATION DE TRAITÉS ÉLECTRIQUES. — Le Comité consultatif, après examen du traité de l'éclairage électrique de la ville, donne la réponse ci-dessous :

La première clause concernant la ville et les faubourgs

commande tout le traité ; la clause suivante ne paraît pas suffisante pour y déroger; au contraire, le fait par la ville de s'interdire d'autoriser toute installation de conducteurs dans la nouvelle ville étendrait le monopole du concessionnaire (*voir* arrêts du Conseil d'État du 17 juin 1902, Graulhet, t. I, p. 276, *Revue des concessions départementales et communales*, et Conseil d'État, 26 juillet 1907, Saint-Bonnet, sur la question d'intention des parties d'après les circonstances dans lesquelles le traité a été conclu et les mesures prises pour son exécution par la municipalité).

L'acte de concession, qui n'a eu que l'approbation préfectorale, est bien régulier.

Répondant aux diverses questions posées par un adhérent du Midi et après étude du traité communiqué, le Comité donne l'avis suivant :

1° En effet, après une clause aussi générale que celle insérée au contrat, la ville peut réclamer l'application des lampes économiques, mais il y aura lieu à expertise pour déterminer l'économie en résultant, et, lorsque cette économie sera déterminée, la ville aura le droit d'en réclamer 50 pour 100.

2° Le consultant a le droit d'obtenir des autorisations pour éclairer ses immeubles ; la question est un peu plus délicate pour les immeubles qu'il donne en location ; cependant le Comité croit que l'éclairage peut être permis dans ces immeubles loués, parce qu'ils ne constituent pas une distribution d'électricité.

Le Comité déconseille absolument d'établir la ligne sans autorisation, car ce serait évidemment aux risques et périls du consultant.

Quant aux dommages-intérêts réclamés par ceux qui ont signé, ils ne sont pas dus si le consultant n'a pas pris des engagements de livrer le courant à date fixe et s'il a seulement fait signer des polices d'abonnement en vue de la distribution qu'il serait autorisé à établir.

APPLICATION DE LA LOI DU 15 JUIN 1906. — Le Comité donne les réponses suivantes à diverses questions posées par un adhérent du Nord sur l'application de la loi du 15 juin 1906 :

Si la demande de concession a été présentée et instruite dans les conditions prévues par le Chapitre III du Règlement d'administration publique du 3 avril 1908, l'acte de concession comprenant le cahier des charges, après avoir été passé par le maire en exécution de la délibération du Conseil municipal adoptant le projet, doit *être adressé par le maire* à l'ingénieur en chef du contrôle du département ; celui-ci, après vérification, le soumet à l'approbation du Préfet (décret du 3 avril 1908, art. 27).

C'est au maire à transmettre le dossier au Préfet dans les conditions où cette transmission est prévue par le Règlement du 3 avril 1908.

Les trois premiers alinéas du cahier des charges type n'étant pas entre guillemets dans le texte officiel doivent être conservés sans aucune modification. La rédaction de ces alinéas et les notes en bas du texte du cahier des charges type suffisent à établir que l'usine et les ouvrages de production ne sont pas compris dans la concession, *c'est le principe*.

Exceptionnellement les parties peuvent convenir que l'usine et les ouvrages de production devront faire partie de la concession ; mais il faudrait alors insérer dans le cahier des charges le 4° alinéa indiqué entre guillemets dans l'article 5 du cahier des charges type.

Le mode de stipulation d'un prix à forfait pour la fourniture de l'éclairage communal n'est nullement interdit; il sera même le plus généralement adopté.

La commune peut insérer, à l'article 12, à la suite de la stipulation des prix de l'éclairage communal, une clause indiquant que les prix fixés au cahier des charges seront revisables dans le cas où l'on arriverait à produire l'électricité à meilleur compte. L'ingénieur en chef du contrôle et le Préfet apprécieront si sa rédaction peut être maintenue.

D'après l'article 15 du cahier des charges type, « les branchements intérieurs, les colonnes montantes et toutes dérivations seront établis et entretenus *par les soins et aux frais* des propriétaires des immeubles ». Le concessionnaire peut être tenu seulement d'exécuter et d'entretenir lui-même ces installations, moyennant un tarif revisable, *si les propriétaires le requièrent*.

Seule, la fourniture des compteurs pourra être monopolisée au profit du concessionnaire, qui devra toujours les poser (art. 16 du cahier des charges type et la note).

Une somme égale à la valeur du forfait annuel stipulé pour prix de l'éclairage communal semble devoir constituer un cautionnement suffisant.

En ce qui concerne la question posée par un adhérent du Centre au sujet de l'autorisation à obtenir pour le déplacement d'une ligne à haute tension, le Comité donne la réponse ci-dessous :

L'autorisation à obtenir, étant donné qu'il s'agit d'une route départementale, dépend du Préfet. La municipalité pourrait-elle donner un avis défavorable au passage des fils ?

Cet avis n'engagerait pas le Préfet; mais en tout cas la municipalité, d'après le contrat de concession, n'aurait même pas le droit de donner cet avis défavorable. En effet, d'une part, aux termes de l'article 1, elle a concédé à l'entrepreneur de l'éclairage « le droit de poser des câbles et des fils dans les rues et sur les places publiques de la commune ». Cet article ne fait pas de distinction entre les fils secondaires et les fils à haute tension.

L'article 2 confirme cette disposition en stipulant que « le concessionnaire aura le droit d'installer des canalisations et accessoires de canalisation le long et au-dessus des maisons *dans les conditions déterminées par les lois et règlements en vigueur* et en restant toujours responsable des dommages causés aux tiers et à leurs immeubles ».

Enfin, aux termes de l'article 3, la municipalité s'engage « à remplir auprès de l'administration de la grande voirie, les formalités nécessaires pour *faire accorder au concessionnaire* l'autorisation de faire installer des supports de canalisation. »

TRAVERSÉE D'UNE COMMUNE PAR UNE LIGNE D'ÉNERGIE. — Le Comité consultatif, connaissance prise des documents, répond comme suit :

Une ligne d'énergie destinée à desservir une autre commune que la commune traversée doit être considérée, en ce qui concerne cette dernière, non comme une ligne de distribution, mais comme une *ligne de transport;* elle garde, d'ailleurs, son caractère de ligne de transport même sur la commune qu'elle dessert, jusqu'au poste central où elle aboutit au réseau qu'elle doit alimenter, poste central qui sert de jonction entre la ligne primaire dite *de transport* et le réseau de distribution.

Or les lignes de transport doivent être considérées comme ayant une existence propre, absolument indépendante des réseaux de distribution ; c'est ce qui résulte de la clause du paragraphe 3 de l'article 5 du cahier des charges type pour les concessions communales, approuvé par décret du 17 mai 1908.

Aux termes de l'article 98 de la loi du 5 avril 1884, le Préfet peut accorder une permission de voirie de la compétence du maire, en cas de refus par celui-ci non justifié par l'intérêt général.

La note de la Société du gaz semble démontrer suffisamment que le refus ou l'avis contraire du maire *n'est pas justifié par l'intérêt général*.

Il appartient, d'ailleurs, à l'ingénieur en chef du contrôle

de vérifier les allégations du maire en ce qui concerne la sécurité publique ; c'est une question d'ordre technique. Le Préfet basera sa décision sur son avis.

La Circulaire du 3 août 1908 déclare : « Lorsque la distribution a pour objet non de faire le commerce du courant, mais de *desservir* les services publics, il est du devoir de l'État aussi bien que des communes d'accorder toutes facilités pour l'établissement des ouvrages nécessaires *au transport* de l'énergie, qu'il y ait ou non des concessions antérieures. L'intervention de l'État dans les formes prévues par la loi se justifie par l'intérêt des services publics dont il convient d'assurer la marche, *même en cas d'opposition des communes* et quelle que soit la catégorie des voies à emprunter. »

Le Préfet pourrait donc accorder les permissions de voirie, en cas de refus du maire.

Traversée d'un passage a niveau. — Le Comité, après avoir délibéré sur la question posée par un membre du Syndicat, donne l'avis ci-après :

On peut examiner la question d'antériorité pour savoir qui existait la première, de la ligne de chemin de fer ou de la route ; toutefois cette question ne semble pas primordiale. L'usage de la partie de route occupée par le passage à niveau reste au chemin de fer; elle fait partie du domaine du chemin de fer au point de vue circulation et au point de vue établissement des organes mêmes; au point de vue propriété du sol, le passage à niveau reste propriété communale.

Le chemin de fer peut jouir de la portion de la route qu'il traverse pour tout ce qui concerne le transport, mais l'éclairage est une chose particulière qui ne rentre pas dans les conditions du transport. En somme, cette portion de route occupée par le chemin de fer, tout en restant dans le domaine communal, n'est plus du tout sous l'autorité communale en ce qui concerne la circulation, ni la police ; ce n'est pas le maire qui déterminera les mesures de circulation, ni qui indiquera si le passage sera ouvert ou fermé, suivant les besoins du chemin de fer.

En résumé, il semble que le chemin de fer peut, dans la circonstance, occuper le passage à niveau en disant qu'il est sur son domaine et, dans cette hypothèse, il n'aurait pas besoin d'autorisation. Toutefois, si l'on estimait que le chemin de fer n'est pas sur son domaine, il aurait à demander une autorisation qui lui serait certainement accordée par le Préfet.

Caractère des sociétés électriques. — Le Comité répond comme suit à la question d'une Société électrique du Sud-Est :

Il n'y a pas de doute possible. Si la Société est constituée par actions dans la forme des Sociétés anonymes, elle est *ipso facto* commerciale, et, si elle est constituée sans être par actions, elle est commerciale par son objet. Cette question a été jugée par la Cour de Lyon du 4 juillet 1890 pour la Société électrique Edison de Saint-Étienne (D. 91-2-81).

Le Comité donne la réponse ci-dessous aux questions posées par M. X... :

Les polices d'abonnement sont comme tous les actes synallagmatiques faits par un commerçant pour les besoins de son commerce avec un non-commerçant; elles constituent des actes de commerce de la part de l'entrepreneur faisant commerce de la vente de l'électricité tout en n'étant pas actes de commerce de la part du client, à moins que celui-ci ne soit lui-même commerçant et n'ait souscrit la police pour les besoins de son commerce. Donc, en principe, si l'entrepreneur d'électricité est justiciable du Tribunal de Commerce à raison de ses contrats d'abonnement, le client, lui, ne l'est pas, et c'est pourquoi les contrats d'abonnement sont généralement considérés comme de la compétence exclusive des tribunaux civils.

Le fait que l'électricité produite, ou mise en œuvre par des machines et vendue aux abonnés, constitue une marchandise, n'est plus aujourd'hui contesté.

Dès lors, une Société d'électricité, dont les opérations consistent principalement dans la mise en œuvre de l'électricité à l'aide de certains procédés et du travail de machines et d'ouvriers afin de la rendre propre à l'éclairage (ou à la force motrice) et de réaliser des bénéfices par sa mise en vente, doit être considérée comme une *Société commerciale*, attendu que cette spéculation sur la main-d'œuvre, qui est l'élément essentiel de ses opérations, constitue *l'entreprise de manufacture* qui est réputée commerciale, et, comme telle, elle est justiciable du Tribunal de Commerce. Ainsi jugé par un arrêt de la Cour d'appel de Lyon du 4 juillet 1890 (Sirey et Palais, 92.2.275; Dalloz, 91.2.81). Conformes : Hérard et Ch. Sirey (*Les canalisations d'éclairage électrique* p. 408); Fuzier, Herman, Carpentier et du Saint [*Répertoire général du Droit français* (Société en général), n° 395].

Difficultés avec les abonnés. — Le Comité répond comme suit aux questions posées par un adhérent du Sud-Ouest :

Il ne paraît pas douteux que l'abonné n'a pas le droit de modifier le nombre ni la puissance de ses lampes, puisqu'ils sont prévus par le contrat. Le limiteur est un appareil destiné à faire fonctionner le compteur, mais non pas à étendre les droits de l'abonné. Celui-ci a des obligations qui sont déterminées par la police en ce qui concerne le nombre et la puissance des lampes; il est obligé de se conformer à ce nombre et à cette puissance. Par conséquent, le concessionnaire a le droit de ramener l'abonné au nombre et à la puissance des lampes qui sont convenus par le contrat, quels que soient les effets de l'installation d'un appareil limiteur.

Difficultés avec les ouvriers. — Connaissance prise des documents communiqués, le Comité donne l'avis suivant :

En principe, le travail à la journée, lorsque le prix est fixé de telle façon qu'il correspond au nombre d'heures convenues (10 heures) payées au prix habituel, doit être considéré comme excluant tout paiement de frais de nourriture ou de pension.

En cas de déplacement, il doit en être de même :

Mais doit-il en être ainsi en ce qui concerne les frais de déplacement ? Ces frais constituent bien pour l'ouvrier des frais supplémentaires, occasionnés par l'éloignement de l'employeur; ils sembleront donc, à défaut de stipulation, incomber à ce dernier, qui a obligé l'ouvrier à se déplacer, qui l'a fait venir. Le consultant ferait donc œuvre d'équité, semble-t-il, en les prenant à sa charge.

Il ne devrait pas en être de même cependant si l'ouvrier était un nomade, allant de ville en ville, comme ceux qui font leur tour de France; les déplacements, pour ceux-ci, font partie des conditions mêmes de leur travail et il y a lieu de supposer que leurs prix sont établis en conséquence.

Si l'ouvrier, sans être nomade, se trouvait à travailler précédemment dans une ville où il résidait depuis un certain temps, mais qui n'était pas le lieu de son domicile, les frais de déplacement ne seraient dus que pour la distance de cette dernière résidence au lieu de l'emploi litigieux.

Vol d'électricité. — Le Comité, après avoir examiné la question posée au sujet d'un client qui, après avoir refusé de signer sa police, a rétabli le branchement pour avoir le courant qui lui était supprimé à cause de son refus, estime qu'il y a lieu de se montrer prudent parce que le consultant avait déjà fourni le courant.

Il a été, en effet, décidé par les tribunaux que par le fait même qu'un concessionnaire avait donné le courant pendant un certain temps, il s'était engagé à fournir et à continuer

la fourniture dans les conditions de prix commencées. La Cour d'Appel d'Aix, le 6 novembre 1908 (*voir* Circulaire 91 de février 1909 du Syndicat), a jugé que le concessionnaire n'avait pas même le droit de demander un minimum de consommation, puisqu'il n'avait pas passé de police.

COMMUNICATIONS DIVERSES. — M. le Secrétaire général dépose sur le bureau du Comité les numéros de mai-juin, juillet-août-septembre 1909 de la *Revue des Concessions départementales et communales,* contenant divers arrêts intéressants, notamment ceux du Conseil d'État, 27 mai 1909, Compagnie générale d'Électricité contre Ministre des Finances, contributions; 5 mars 1909, Compagnie parisienne de l'Air comprimé contre Ville de Paris et Dioudonnat, travaux extraordinaires et imprévus, responsabilité de la Ville; 28 octobre 1908, Société des Grands Travaux de Marseille contre Ministre des Finances, patentes, etc.

ACCIDENTS DU TRAVAIL. — M. le Secrétaire général communique au Comité les espèces suivantes :

Cour de Cassation, 19 février 1908, Lambert contre Odoul, preuve par l'ouvrier de l'accident et de la relation entre l'accident et le travail; 2 mai 1908, Rizier contre veuve Transoustre, lieu du travail non nécessairement limité au poste assigné à l'ouvrier par son service; 15 mai 1908, Verpilleux contre M. P., amende pour défaut de déclaration; 14 décembre 1908, Collinet contre Rousselot et Cie, enfant naturel non reconnu sans droit à une rente (l'*Opinion*, 15 août 1909); 9 avril 1909, Audugé contre Filou, accident du travail, loi de 1898, caractère obligatoire, action de droit commun, action de la loi de 1898, exercice postérieur, professions assujetties, nature du travail (*Loi*, 12 juillet 1909).

Cours d'appel. — Lyon, 23 mars 1909, Dubuc contre Julliard et Jusserand, accident du travail, traitement aléatoire, incapacité permanente et non absolue (*Loi*, 9 juillet 1909). Amiens, 23 mars 1909, Vernier contre Basset, accident du travail, interruption du travail, jeu, loi inapplicable (*Loi*, 22 juillet 1909). Toulouse, 5 mai 1909, veuve Cussac contre Joqueviel, infection charbonneuse, mégisserie, risque professionnel, lien de cause à effet, présomption (*Loi*, 14 août 1909); Rennes, 15 juin 1909, chantiers de Saint-Nazaire contre Jouin, action, prescription, ordonnance, accord des parties, médecin désigné, non-suspension (*Loi*, 8 juillet 1909); Douai, 16 juin 1909, accident du travail, accident professionnel, rixe, faute de la victime (*Loi*, 4 septembre 1909).

CHRONIQUE FINANCIÈRE ET COMMERCIALE.

Convocation d'Assemblée générale. — *Société des forces motrices et d'éclairage de la ville de Grenoble.* Assemblée ordinaire le 8 novembre, à 11^h, Palais du Commerce, à Lyon (Rhône).

Nouvelles Sociétés. — *P. Thouzollier.* Siège social : 7, rue de la République, à Lyon (Rhône). Capital : 2500000^{fr}.

Société en nom collectif J. Malo et E. Dubar, Électricité. Siège social : 3bis, place Sébastopol, à Lille (Nord). Durée : 6 ans. Capital : 5000^{fr}.

Société en nom collectif Lebrun et Cie, appareils d'éclairage. Siège social : 7, rue des Moulins, à Paris. Durée : 10 ans. Capital : 3000^{fr}.

Société électrique de Malestroit. Siège social : à Malestroit (Morbihan). Durée : 30 ans. Capital : 50000^{fr}.

Société régionale de distribution électrique du Centre. Siège social : 52, rue du Faubourg Saint-Honoré, Paris. Durée : 99 ans. Capital 20000^{fr}.

Nouvelles installations d'éclairage électrique.— Une installation électrique est projetée dans les villes suivantes :

Montbéliard (*Doubs*). — Le Conseil municipal serait en pourparlers avec la Société électrique du Refrain pour l'éclairage à l'électricité.

Pouilly (*Nièvre*). — Une enquête est ouverte à la Mairie pour l'installation de l'éclairage électrique dans cette commune.

Société Nîmoise d'éclairage et de force motrice par l'électricité. — Du rapport présenté par le Conseil d'administration à l'Assemblée générale ordinaire du 2 juin 1909 nous extrayons ce qui suit :

Les recettes d'exploitation et les recettes diverses se sont élevées à $385953^{fr},58$, en augmentation de $29277^{fr},06$ sur celles de l'année dernière.

Les dépenses s'élèvent à $312795^{fr},59$, se décomposant en : frais d'exploitation et d'entretien, $209121^{fr},27$; frais généraux, $101377^{fr},57$; créances douteuses, $2296^{fr},75$; soit un total de $312795^{fr},59$, laissant un solde pour bénéfice de $73157^{fr},99$.

Sur ce solde, nous vous proposons de prélever, pour la réserve générale d'amortissement, une somme de 35000^{fr}, soit un reste disponible de $38157^{fr},99$.

Conformément à l'article 33 de nos statuts, nous devons prélever tout d'abord 5 pour 100 pour la réserve légale, soit $1907^{fr},90$; reste, $36250^{fr},09$. Nous devons ajouter les profits et pertes reportés de l'exercice précédent, soit $19737^{fr},91$; soit un total de 55988^{fr}.

Nous vous proposons de répartir aux actions un intérêt de 5 pour 100 sur le capital versé, soit, pour les actions libérées, 30000^{fr}; pour les actions non libérées, 5000^{fr}. Total : 35000^{fr}. Il reste une somme de 20988^{fr} que nous vous proposons de reporter à nouveau.

Si vous approuvez nos propositions, nos réserves s'élèveront à la somme totale de $256926^{fr},13$, se décomposant ainsi : réserve légale, $21926^{fr},13$; réserve générale d'amortissement, 235000^{fr}.

Nous vous proposons, en outre, les applications suivantes de la réserve générale d'amortissement : pour amortir les frais de premier établissement et les ramener à 1^{fr}, 101132^{fr}.

Mobilier. Pour le ramener à 1^{fr}, $6827^{fr},80$.

Installation Grand-Théâtre et installations chez les clients. Pour amortir ce compte en 10 années, $3060^{fr},45$. La réserve générale disponible d'amortissement serait ainsi ramenée à $123979^{fr},75$.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1908.

Actif.

	fr
Frais de premier établissement	1 »
Actionnaires	300000,00
Frais d'émission des obligations	19808,60
Prime d'amortissement des obligations	20580 »
Usines et sous-stations. Terrains, immeubles, etc.	1354562,78
Réseaux. Postes et transformateurs, etc	901869,40
Compteurs	136502,90
Installations Grand-Théâtre et chez les clients.	27544,25
Mobilier	1 »
Marchandises en magasin	45891 »
Abonnés et débiteurs divers	61930,90
Effets à recevoir	4615,40
Caisses et banques	13419,53
Cautionnement	250 »
Impôt de finances	2505,37
Avances sur commandes en cours	15480 »
Total de l'actif	2904962,13

Passif.

	fr.
Actions	1 000 000 »
Obligations	760 000 »
Réserve légale	21 927,13
Réserve générale pour amortissements	123 979,75
Créanciers et fournisseurs	761 036,95
Effets à payer	153 892,55
Obligations à rembourser	3 500 »
Coupons d'obligations	53 637,70
Total du passif	2 904 962,13

Avis commerciaux. — RAPPORTS COMMERCIAUX DES AGENTS DIPLOMATIQUES ET CONSULAIRES DE FRANCE (¹). — N° 819. *Russie.* — Situation économique de la Pologne en 1908.

N° 820. *Italie.* — Les importations françaises à Gênes en 1908.

N° 821. *Royaume-Uni. Irlande.* — Le commerce de l'Irlande en 1907. Importations et exportations. Part de la France dans le commerce général de l'Irlande et produits français susceptibles de trouver des débouchés dans ce pays.

N° 822. *Royaume-Uni. Irlande.* — Le port de Dublin : Court historique et description du port. Administration. Outillage. Le port de Dublin en 1908. Droits de port, importations et exportations, mouvement de la navigation. Utilité de l'établissement d'un service direct et régulier entre la France et l'Irlande. Plan du port de Dublin.

Cours officiels, à la Bourse de Londres, du cuivre « Standard » et du cuivre électrolytique.

DATES.	CUIVRE « STANDARD ».	CUIVRE ÉLECTROLYTIQUE.
	£ sh d	£ sh d
25 octobre 1909..	56 16 »	58 10 »
26 » » ..	56 8 9	58 10 »
27 » » ..	56 10 »	58 10 »
28 » » ..	56 15 9	58 10 »
29 » » ..	57 12 »	59 » »
1er novembre » ..	57 10 »	59 10 »
2 » » ..	57 10 »	59 15 »
3 » » ..	58 » »	59 15 »
4 » » ..	57 18 9	59 15 »
5 » » ..	57 18 »	59 10 »

NOTA. — La Bourse de Londres est fermée le samedi.

L'industrie du carbure de calcium en Allemagne. — D'un rapport lu par le professeur J.-H. VOGEL à la 11e Assemblée générale du *Deutsch Acetylenverein*, qui a eu lieu à Eisenach les 27 et 28 septembre, nous extrayons les renseignements suivants :

La situation de l'industrie du carbure pendant l'année écoulée a été, par suite de la surproduction résultant de l'ouverture de nombreuses fabriques de carbure nouvelles et agrandissements des fabriques déjà existantes, extrêmement défavorable. La concurrence a fait tomber de plus en plus les prix. Dans l'Allemagne du Sud le prix, dans le commerce de détail, est descendu à 16 marks le quintal, principalement en conséquence de la grande capacité productive des fabriques suisses et autrichiennes. Les fabriques du Nord, récemment équipées pour une grosse production, gardent toujours l'avantage en ce qu'elles sont bien mieux placées pour le marché d'exportation.

Des sept fabriques de carbure allemandes, quatre seulement travaillent actuellement le carbure (Lechbruck, Freyung, Steinbusch et Rheinfelden). A Mühlthal et Kalkscheuren, on ne produit que de la chaux azotée.

La consommation de carbure en Allemagne, qui, jusqu'à l'année dernière, se développait suivant une augmentation croissante d'année en année, n'atteindra pas dans l'année courante, autant qu'on le voit jusqu'ici, la proportion de l'année précédente. Voici les chiffres :

1906. — 30340 tonnes.

1907. — 34916 tonnes (accroissement sur l'année précédente = 15 pour 100).

1908. — 39180 tonnes (accroissement sur l'année précédente = 12 pour 100).

D'après les évaluations, la consommation de l'année courante s'élèvera à environ 38000ᵗ, et ce chiffre ne sera pas considérablement dépassé l'année prochaine. C'est que le plus fort preneur de carbure de l'Allemagne, les Chemins de fer d'État prusso-hessois, a déjà cette année pris des milliers de tonnes de moins et l'année prochaine cessera complètement. Cette Compagnie consommait :

	Tonnes.
En 1905	6400 de carbure.
En 1906	7400 —
En 1907	8400 —

Le chiffre exact pour 1908 n'est pas encore établi, mais on l'estime à 9000ᵗ.

Au cours de l'année présente, les conditions ont été complètement changées. Sur les chemins de fer prusso-hessois, tous les wagons de voyageurs des trains rapides et express, ainsi qu'un certain nombre d'autres wagons de voyageurs, sont déjà aujourd'hui pourvus de l'éclairage à l'incandescence. On a commencé à transformer les installations de gaz mélangé (Mischgas) en installations de gaz d'huile (Oelgas), et, par suite, la production de l'acétylène dans la plupart des installations de gaz mélangé a été supprimée. Le dernier délai fixé pour le complétement du nouvel éclairage est le 1er avril 1911. Voici comment on peut évaluer la consommation des chemins de fer d'État prusso-hessois en 1909 :

	Tonnes.
Du 1er janvier au 30 juin 1909	4000
Du 1er juillet au 30 septembre 1909	500
Du 1er octobre au 31 décembre 1909	200
Ensemble	4700

D'après cela, la diminution de consommation sur l'année précédente serait aux environs de 5300ᵗ.

Il faut, en outre, observer que, les années précédentes, on ne fabriquait que peu de chaux azotée avec du carbure provenant de l'étranger, tandis qu'actuellement il y a en Allemagne deux fabriques de chaux azotée qui produisent elles-mêmes leur carbure. De ce moment, il n'y a plus eu que peu de carbure importé appliqué à la fabrication de la chaux azotée.

A ce propos, disons quelques mots de cette industrie sœur, l'industrie de la chaux azotée. Tous les intéressés de cette branche pleine d'avenir se sont groupés dans la Verkaufsvereinigung für Stickstoffdünger (Union pour la vente des engrais azotés). Cette union met dans le commerce la chaux azotée à 20 pour 100 d'azote, ainsi que les produits dérivés, transformés ou mélangés. Son domaine de vente s'étend en Allemagne, Autriche-Hongrie, Hollande, Danemark, provinces russes de la Baltique, Pologne russe, Mexique et Amérique du Sud. Voici, pour ces pays, comment se répartit la production :

(¹) Ces documents sont tenus à la disposition des adhérents qui désireraient en prendre connaissance au Secrétariat général du Syndicat des Industries électriques, 11, rue Saint-Lazare.

1. Cyanid-Gesellschaft, Berlin : fabrique à Trostberg (Bavière méridionale). Production, 20000ᵗ par an.

2. Deutsche Carbid A. G., Francfort-sur-Mein : fabrique à Knapsack, près Brühl. Production, 12500ᵗ.

3. Gesellschaft für Stickstoffdünger, Westeregeln : fabrique à Westeregeln. Production, 5000ᵗ.

4. North Western Cyanamide C., Londres : fabrique à Odda, près de Bergen (Norvège). Production, 15000ᵗ.

5. Ostdeutsche Kalkstickstoffwerke und Chemische Fabriken, Berlin : fabrique à Mühlthal, près de Bromberg. Production, 4000ᵗ.

6. Società italiana del Carburo di calcio, Rome : fabrique à Collestate, près de Terni (Italie). Production, 7500ᵗ.

7. Société Suisse des Produits Azotés, Genève : fabrique à Martigny (Suisse). Production, 7500ᵗ.

Pour les autres pays, voici les sociétés qui ont construit des fabriques de chaux azotée :

8. Società Italiana per la fabb. dei Prodotti Azotati, à Rome : fabrique à Piano d'Orte (Italie). Production, 12500ᵗ par an.

9. Société Française des Produits Azotés, Paris : fabrique à Notre-Dame-de-Briançon (Alpes de Savoie). Production, 7500ᵗ.

10. American Cyanamide Cᵒ, New-York : fabrique à Niagara Falls. Production, 7500ᵗ.

11. Società Piemontese del Carburo di calcio : fabrique à St-Marcel, Aoste. Production, 4000ᵗ par an.

Dans les neuf fabriques fonctionnant actuellement, il peut être fabriqué 75000ᵗ de chaux azotée par an. Il faudra y ajouter 27500ᵗ des deux fabriques encore en construction, de sorte qu'avant peu il y aura à compter sur la possibilité d'une production de chaux azotée aux environs de 100000ᵗ, pour lesquelles 80000ᵗ de carbure seront nécessaires.

Il se peut, toutefois, qu'il se passe quelques années encore avant que ce débit soit effectif.

Pour en revenir à la consommation du carbure, un fait digne de remarque c'est que, malgré la diminution due à l'abstention des chemins de fer prusso-hessois et à part l'emploi de petites quantités pour la chaux azotée, la consommation générale du carbure en Allemagne n'a pas considérablement rétrogradé. L'importation de carbure en Allemagne, exportation déduite, dans les sept premiers mois a été la suivante :

	Tonnes.
1907	12251,9
1908	14733,8
1909	13307,4

Il ressort de là que, les chemins de fer prusso-hessois exceptés, il y a un accroissement de la consommation du carbure. Il n'est que relativement petit dans le domaine le plus considérable du carbure, la production d'acétylène pour l'éclairage. D'ailleurs, la vente des appareils à acétylène a presque complètement cessé et cela ne va pas moins mal pour cette branche de l'industrie acétylénique que pour l'industrie carburière. La seule et unique cause de cette rétrogression dans le commerce des appareils se trouve dans l'ordonnance de police en vigueur depuis 1906 avec ses duretés dont certaines sans aucun fondement. Les gouvernements de la Confédération sont dans la conviction que la modification de cette ordonnance est urgente. Sur l'initiative du gouvernement prussien, le chancelier de l'Empire a, déjà en mars dernier, fait parvenir à tous les gouvernements de la Confédération le projet d'une nouvelle ordonnance. On doit s'attendre à ce que cet automne l'Office impérial de l'Intérieur soumette ce projet à une délibération à laquelle sans doute seront appelés des représentants du Deutsch Acetylenverein. Avant que commence la délibération, tous les membres de l'Union auront encore l'occasion de prendre position à l'égard du projet en question. Il faut espérer que le résultat des délibérations sera de nature à délivrer l'industrie des chaînes injustifiées que lui avait imposées l'ordonnance de 1906. Et ceci concerne tant les installations particulières que les centrales. Ces dernières bénéficieront des conditions préalables les plus favorables. Une pratique de 10 années a montré que les centrales ont réussi partout, après avoir surmonté les premières faiblesses de l'enfance, et que, pour tout établissement fondé sur une base sainement préparée, le développement financier et économique a été tout à fait brillant.

Un avantage qui s'ajoute, c'est que les installations s'usent très peu. D'ailleurs, il est vérifié qu'aucun autre éclairage ne peut fournir la lumière à aussi bon compte que l'acétylène. Les voies pour la construction des centrales d'acétylène sont désormais aplanies. Il y a actuellement en Allemagne 134 centrales d'acétylène en fonctionnement, sans compter un certain nombre de centrales de bloc (Blockzentralen).

Quant au nombre des installations particulières, une évaluation pouvant prétendre à quelque exactitude est à peine possible. Il y a deux ans, nous donnions le chiffre approximatif de 33000. Le développement des installations particulières ces derniers temps est loin de ce qu'il fut dans les premières années. De tous côtés nous parviennent des doléances des maisons d'appareils; elles ne font rien ou presque rien. Il est à présumer que le nombre des installations, aujourd'hui, n'est pas considérablement plus élevé qu'il y a deux ans et doit être au maximum de 34000.

Il faut se réjouir des progrès réalisés par l'introduction dans les mines de lampes à l'acétylène, surtout en lampes à main qui remplacent avantageusement les lampes à pilier plus lourdes que l'on avait d'abord adoptées dans beaucoup de mines. Ce ne sont plus seulement les chefs ouvriers et les employés qui s'éclairent à l'acétylène, mais la masse des ouvriers mineurs. Aux prix actuels du carbure, il y a avec l'acétylène, pour une clarté à peu près huit fois plus forte, une économie de 50 à 55 pour 100 sur la chandelle et l'huile. L'extension de ce mode d'éclairage dans les mines pendant les années qui viennent se fera indubitablement remarquer dans la consommation du carbure.

Une application de l'acétylène, qui était restée étonnamment en retard en Allemagne comparativement aux autres nations, s'y est enfin développée l'année dernière; nous voulons parler de l'acétylène dissous.

La première fabrique d'acétylène dissous a été installée à Dœse, près de Cuxhaven, comme annexe à la centrale d'acétylène de la ville. Elle réussit très bien et fonctionne régulièrement; la construction d'une seconde fabrique vient d'être achevée à Düsseldorf et d'autres vont suivre tant en Prusse que dans les divers États de la Confédération. Des préparatifs sont déjà faits, mais on attend l'expiration du brevet, qui doit avoir lieu dans deux ans. Il n'y a plus à douter de l'introduction générale de l'acétylène dissous en Allemagne.

Il s'ouvre donc pour l'acétylène de nouveaux champs d'utilisation les plus variés. On s'occupe beaucoup à présent de l'éclairage des automobiles à l'acétylène; il doit y avoir en Allemagne un millier d'automobiles qui en sont déjà pourvues; également l'éclairage maritime, phares et bouées. Après le succès depuis un an de l'acétylène dissous pour l'éclairage des wagons sur les chemins de fer hongrois en employant le bec inverti de Kuchel, on devrait bien l'introduire aussi sur les chemins de fer allemands, dans les autres États de la Confédération que la Prusse, qui y a malheureusement renoncé. Il vous sera montré une nouvelle lampe de wagon à l'acétylène à bec renversé de Kuchel; et, à l'occasion, nous approfondirons davantage ce thème intéressant.

Un domaine riche de perspectives est la soudure autogène des métaux avec appareils ambulants partout où il s'agit de réparations urgentes ou à faire dans des situations d'accès difficile.

La propagation de l'acétylène dissous causera aussi un sensible accroissement de la consommation du carbure.

Le tétrachlorure d'acétylène se prépare maintenant en grand. Ce corps est un produit direct d'addition de chlore et d'acétylène, sans produits accessoires d'autres combinaisons. Il contient environ 85 pour 100 de chlore et 15 pour 100 d'acétylène. La fabrication en est indiquée là où l'on peut avoir du chlore à bon marché.

Comme 1^{kg} de carbure normal rend environ $\frac{1}{3}$ de kilog. d'acétylène (285^l), on emploiera pour le tétrachlorure d'acétylène 85^{kg} de chlore et 45^{kg} de carbure. Ce produit sert comme dissolvant, et, pour l'extraction, c'est un recommandable succédané de l'éther sulfurique, sulfure de carbone, benzine et benzol, et il a sur ces substances un grand avantage, il n'est pas inflammable.

Depuis quelque temps déjà, le tétrachlorure d'acétylène est fabriqué par la Bosnische Elektrizitäts-Aktiengesellschaft de Jaice, d'après un procédé du Consortium pour l'Industrie électrochimique. Ce procédé est également pratiqué à la fabrique construite l'année dernière à Runcorn (Angleterre) et où est organisée une production si considérable, qu'elle a nécessité une installation d'acétylène pouvant produire 1000^{m^3} d'acétylène par jour.

Depuis quelques années, un autre procédé de fabrication du tétrachlorure d'acétylène est essayé par la saline de Neustassfurt. On est sur le point de passer à la fabrication en grand et l'on s'attend à la mise en marche de ce nouvel établissement pour l'année prochaine.

L'import de la consommation du tétrachlorure d'acétylène ne saurait encore se juger actuellement. Mais il ne paraît pas impossible que d'ici quelques années l'emploi de ce corps devienne très considérable. Cela dépendra en partie de l'obtention de prix rémunérateurs par le traitement de quantités plus grandes. Il n'y a plus à douter de la valeur technique du tétrachlorure d'acétylène, il a déjà réussi en grand.

Dans le trichloréthylène (C^2HCl^3), qui est un dérivé du tétrachlorure d'acétylène, on a trouvé un substituant pour le tétrachlorure de carbone dont les débuts sur le marché furent si pleins d'espérance.

On sait que le tétrachlorure de carbone a l'inconvénient d'attaquer le fer par la chaleur, de sorte que l'on est obligé de plomber les récipients, ce qui n'est pas économique. A froid, il reste sans action sur le fer, fait important à noter pour sa conservation et son transport.

Le trichloréthylène fabriqué à Jaice paraît riche d'avenir ; c'est par wagons qu'aujourd'hui déjà il va dans le commerce.

Les longs essais en vue d'utiliser l'acétylène pour la production du noir de fumée semblent avoir réussi. Il faut s'attendre à une plus forte consommation de carbure pour cette production et comme produit accessoire l'hydrogène, si important en aérostation.

Un premier établissement est actuellement en construction à Friedrichshafen et pourra, probablement, être mis en marche dès le mois de décembre prochain. On compte sur le traitement annuel d'environ 1000^t de carbure. Autant qu'on peut le savoir, cette fabrique a un contrat de dix ans avec la Zeppelin-Gesellschaft pour la fourniture de fortes quantités d'hydrogène ; il y aura donc là une forte consommation de carbure.

Il ne devrait pas tarder à se créer d'autres établissements similaires.

Contrastant avec l'éclairage, l'emploi de l'acétylène pour le travail autogène des métaux a pris l'année dernière un développement satisfaisant qui eût été plus grand encore si ce n'avaient été les entraves apportées par les difficultés relatives aux brevets concernant le coupage des métaux. Les extraordinaires avantages économiques et techniques de ces procédés les ont fait introduire de plus en plus dans toutes les exploitations, de sorte que l'industrie de l'acétylène a trouvé dans le débit des appareils pour le travail autogène des métaux une compensation partielle à la baisse subie dans l'affaire d'éclairage. Déjà, dans notre réunion principale de l'année dernière, nous avions fait observer que toute une série de questions d'ordre technique et de sécurité en ce qui concerne les procédés de travail autogène des métaux attendaient encore leur solution, et nous avions décidé la création d'un groupe spécial pour s'en occuper, dans le cadre de notre Union. Ce groupe fut constitué le 19 décembre de l'année dernière et ses travaux sont d'un haut intérêt.

De même que pour l'éclairage, dans les premières années, il y a eu dans le débit des appareils pour le travail autogène des métaux des procédés fâcheux qui ont donné lieu à de graves réflexions et il fallait aviser, si l'on ne voulait voir le travail des métaux par ce procédé tomber dans un complet discrédit.

INFORMATIONS DIVERSES.

Génération et transformation. — PROJETS D'UTILISATION DES FORCES MOTRICES DU WALCHENSEE, EN BAVIÈRE. — Le lac de Walchen, l'un des plus pittoresques des Alpes bavaroises, est admirablement situé pour servir de réservoir régulateur dans l'utilisation des forces motrices hydrauliques de la région. Sur sa rive gauche et à moins de 2500^m à vol d'oiseau se trouve en effet le lac de Kochel, situé à un niveau de 202^m plus bas, et sa rive droite n'est séparée de l'Isar que par le massif montagneux de l'Isarberg dont la base n'a que 3500^m de large. Il était donc naturel de songer, d'une part, à utiliser la chute de 202^m existant entre le lac de Kochel et le lac de Walchen et, d'autre part, d'alimenter ce dernier lac, qui ne reçoit normalement qu'un cours d'eau sans grande importance, la Jachen, par une dérivation de l'Isar. On pourrait disposer ainsi d'un débit permanent de 25 à 29 m^3 : s, sous une chute brute de 202^m, avec un lac régulateur de 16^{km^2} de superficie dont il serait possible de faire varier le plan d'eau de 13^m à 20^m. C'est, en somme, un problème dont une solution a déjà été réalisée au lac de Joux, mais sur des données plus modestes, car pour ce dernier lac on ne dispose que d'un débit de 1,6 m^3 : s sous une chute de 240^m, et l'on ne peut obtenir que 3750 chevaux, tandis qu'au lac de Walchen on compte sur 50000 chevaux.

Dès 1904, une concession fut demandée par le conseiller Schmick, de Darmstadt, pour l'exploitation de cette chute du Walchen; à la fin de la même année, le major Donat faisait une demande du même genre. Mais l'État bavarois s'empara de l'idée et fit étudier par son personnel technique un projet d'utilisation, surtout en vue de réaliser progressivement la traction électrique sur les chemins de fer de l'État.

Dans ces projets, le lac de Walchen fonctionne comme accumulateur. Celui du major Donat prévoit, en outre, des lacs artificiels sur l'Isar ou ses affluents, lacs obtenus à l'aide de grands barrages et suppléant ou même remplaçant le lac de Walchen; de plus, ces

barrages créent des chutes fournissant une puissance supplémentaire. Le projet de l'Administration bavaroise condamne, au contraire, l'établissement de ces barrages à cause de la grande difficulté, pour ne pas dire l'impossibilité, de leur construction dans les terrains d'alluvion sur lesquels coule l'Isar.

Ces divergences dans le choix des moyens d'exécution engagèrent l'État bavarois à instituer un concours international en vue de rechercher la solution la meilleure. Trente et un projets furent déposés et, d'après la *Deutsche Bauzeitung*, de Berlin, qui en rend compte, leur ensemble ne comporte pas moins de 1416 plans et 116 mémoires justificatifs. En juillet dernier, six d'entre eux reçurent des primes dont le total s'élève à 60 000 marks.

EMPLOI DU GRISOU POUR LA PRODUCTION DE LA FORCE MOTRICE. — On vient d'imaginer une installation ingénieuse dans la mine de Frankenholz, près de Mittelbeseback (Bavière rhénane), pour l'utilisation du grisou. Avant d'attaquer une couche de charbon située à une profondeur de 500^m, on jugea prudent de procéder à un forage préalable afin de se rendre compte des dégagements possibles du grisou. Celui-ci était en telle abondance qu'on créa une conduite de 1500^m pour l'évacuer à la surface. Comme en juin 1908 la pression du gaz était encore de 12^{atm}, on chercha un moyen pratique de l'utiliser, et l'on décida de l'employer au chauffage des chaudières qui alimentent les machines à vapeur de la mine. Une installation spéciale fut aménagée en conséquence.

NOUVELLE PILE A LONGUE DURÉE. — Les *Annalen der Elektrotechnik* signalent l'apparition d'une nouvelle pile, dite *à nitroïne*. Cette pile comprend une électrode positive creuse en charbon qui joue le rôle de diaphragme et qui est remplie du liquide dépolarisant, dénommé *nitroïne* (mélange d'acide sulfurique, d'acide azotique et d'agents d'oxydation), ainsi qu'une électrode en zinc plongeant dans une solution de sulfate de zinc. La consommation pour 1 kilowatt-heure est de $0^{kg},86$ de zinc; avec l'emploi des lampes à filament métallique, la bougie-heure revient à $0^{fr},375$. La pile sert à charger une batterie d'accumulateurs, laquelle batterie alimente ensuite directement les lampes.

Téléphonie. — LE TÉLÉPHONE A PÉKIN. — D'après l'*Electrical Engineering*, l'installation d'un réseau téléphonique est projetée à Pékin et sera effectuée sous la direction d'ingénieurs américains, jusqu'à ce que les employés chinois se soient complètement formés. On doit commencer très prochainement la construction de deux postes de communications avec batteries centrales. L'installation complète du réseau sera terminée le 3 février 1910.

Adjudication de charbons pour les chemins de fer de l'État belge. — Le 22 septembre 1909 il a été procédé, à la Bourse de Bruxelles, à l'adjudication de 120 lots de 5000 tonnes de menus, soit 600 000 tonnes. Les charbons menus doivent être notamment : charbons menus pour foyers dits demi-gras, quart-gras ou maigres, propres à l'alimentation des locomotives de l'État.

Les résultats de l'adjudication sont les suivants :

	CHARLEROI.	
	Lots.	Francs.
Menus demi-gras (type IV).	4	à 11,65
	6	» 11,75
	3	» 11,90
	5	» 12, »
	6	» 12,05
	4 ½	» 12,10
	2	» 12,15
	4	» 12,20
	20 ½	» 12,25
	20 ½	» 12,50
	6	» 13,35 (1)
	1	» 13,85 (1)
	2	» 13,90 (1)
	1	» 13,95 (1)
	5	» 14,70 (1)
	10	» 14,90 (1)
	10	» 16,23 (2)
	10	» 18,82 (2)
Menus maigres (type II).	2	» 9,45
	3	» 9,70
	37	» 9,75
Menus demi-gras (type III).	1	» 10,80
	1 ½	» 10,85
	14 ½	» 11, »

ERRATUM:

Dans le procès-verbal de la Chambre syndicale des Usines d'Électricité (*Revue électrique* du 30 octobre 1909, p. 289, 1re colonne), *lire* : La Chambre des Députés, dans sa séance du 16 juillet, a adopté le projet de loi sur les forces hydrauliques établies sur le domaine public, *au lieu de* : projet de loi relatif aux usines hydrauliques, de MM. Pierre Baudin et Millerand.

---

(1) Soumissions étrangères.

(2) Charbon lavé, soumissionné par une maison étrangère et livrable à Anvers.

Compagnie Française pour l'exploitation des Procédés

THOMSON-HOUSTON

CAPITAL : 40 MILLIONS

SIÈGE SOCIAL : 10, rue de Londres, PARIS

TÉLÉPHONE : 158-11, 158-81 — Adresse télégraphique : ÉLIHU-PARIS

TRACTION ÉLECTRIQUE — TRANSPORT DE FORCE

15,000 kilomètres de lignes. 25,000 voitures en service. | 1,500 stations centrales. 135,000 lampes à arc en service.

TURBINES A VAPEUR, SYSTÈME CURTIS

ATELIERS : 219, rue de Vaugirard. — PARIS

SOCIÉTÉ D'ELECTRO-CHIMIE

2, rue Blanche 2. — PARIS IX.

Usines à SAINT-MICHEL de MAURIENNE (Savoie)
Les CLAVAUX, par RIOUPEROUX (Isère), SAINT-FONS (Rhône)
LA BARASSE (Bouches-du-Rhône)
VALLORBE (Suisse) et à MARTIGNY-BOURG (Suisse)

CHLORATES DE POTASSE ET DE SOUDE
ET PERCHLORATES PAR ELECTROLYSE.

Sodium, Peroxyde de sodium, Eau oxygénée Cyanure de sodium, Alliages d'aluminium avec les métaux réfractaires (Manganèse, etc).

PRIX SPÉCIAUX POUR APPLICATIONS IMPORTANTES

ACCUMULATEURS

POUR

Stations centrales,
Éclairage des habitations,
Sous-marins,
Traction électrique.

HEINZ

Bureaux et Usine : 27, rue Cavé, à LEVALLOIS

TÉLÉPHONE 537.58

COMPAGNIE "UNIVERSEL ÉLECTRIC"



PARIS — 35, Rue de Bagnolet, 35 — PARIS

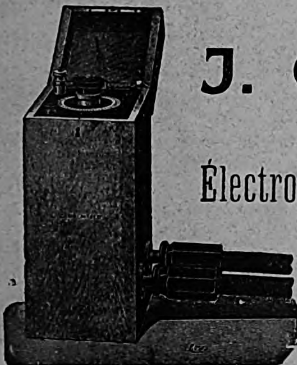
Adr. tél.: UNILECTRIC-PARIS — TÉLÉPHONE 929-19

DYNAMOS ET MOTEURS

Réparations - Transformations - Locations - Échanges - Achats - Ventes

Garanties exceptionnelles -:- Isolants spéciaux.
Étuvage -:- Plateforme d'essais et Laboratoire -:- Garantie d'échauffement et de puissance.

SPÉCIALITÉ DE COLLECTEURS



Wattmètre portatif J. Carpentier pour la vérification des compteurs.

ATELIERS RUHMKORFF

J. CARPENTIER. Ingénieur-Constructeur

20, rue Delambre, PARIS (XIVe).

Électrodynamomètres J. Carpentier
pour la mesure des intensités ou des différences de potentiel des courants alternatifs.

WATTMÈTRES A MIROIR
pour laboratoires.

WATTMÈTRES PORTATIFS A TORSION
pour la vérification des compteurs avec boites de résistances indépendantes sectionnées pour différentes sensibilités.

WATTMÈTRES A LECTURE DIRECTE
pour tableaux de distribution.

Paris. — Imprimerie GAUTHIER-VILLARS, quai des Grands-Augustins, 55.

43751 — *Le Gérant :* GAUTHIER-VILLARS.

6e Année. — TOME XII. N° 142 — 30 NOVEMBRE 1909.

LA REVUE ÉLECTRIQUE

ORGANE

DE L'UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ

Publiée sous la direction de J. BLONDIN, Agrégé de l'Université, Rédacteur en chef,

Avec la collaboration de :

MM. Armagnat, Becker, Bourguignon, Courtois, Da Costa, Jacquin, Jumau, Goisot, J. Guillaume, Labrouste, Lamotte, Mauduit, Raveau, G. Richard, Turpain, etc.

Revue paraissant deux fois par mois.

Abonnement. Paris . 25 fr. — Départements : 27 fr. 50. — Union postale : 30 fr. — **Le Numéro : 1 fr. 50.**

PARIS,
GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE
DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,
Quai des Grands-Augustins, 55.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J. Blondin, 171, Faubourg Poissonnière, Paris (9e).

Tome XII. N° 142. — 30 novembre 1909.

LA REVUE ÉLECTRIQUE

CHRONIQUE.

En terminant une remarquable **étude comparative des moteurs à gaz et des machines à vapeur** publiée en 1902 [1], un maître éminent en la matière, M. Aimé Witz, écrivait : « Au quadruple point de vue du prix de revient de l'unité de travail, de la sécurité du fonctionnement, de la régularité de la marche et de la consommation d'eau, les moteurs à gaz peuvent entrer en lutte avantageusement avec les machines à vapeur, dans des conditions déterminées, quand ils sont bien installés, bien conduits et bien adaptés au genre de services qu'ils sont appelés à rendre. S'ils ne sont pas encore susceptibles d'une application aussi générale, ils doivent dès maintenant être l'objet d'une préférence marquée dans certains cas spéciaux que les ingénieurs compétents sauront reconnaître et dont l'industrie tirera un grand profit. »

Dans le cours des sept années écoulées depuis le moment où ces lignes ont été écrites, la pratique industrielle a donné raison à l'opinion qu'elles exprimaient, du moins en ce qui concerne les moteurs de faible puissance, les seuls d'ailleurs qu'envisageait M. Witz.

Il résulte en effet, d'un article récent de M. Mathot, un autre spécialiste non moins compétent, article dont une analyse est donnée page 377, qu'à l'heure actuelle « les moteurs à gaz avec gazogène par aspiration ont pris, d'une façon presque générale, la place des machines à vapeur fixes et chaudières dans les installations d'une puissance inférieure à 100 chevaux ».

Toutefois, malgré ce développement pourtant respectable, le moteur à gaz n'a pas encore pris l'extension qu'il semblait, il y a une dizaine d'années, devoir prendre. Il est loin, en effet, d'avoir supplanté la machine à vapeur dans toutes ses applications industrielles comme l'espéraient et le pensaient de bonne foi ses partisans.

Pour les puissances de 1500 chevaux et au delà, c'est la turbine à vapeur que nous voyons remplacer la machine à pistons; pour les puissances moyennes de 100 à 500, ce sont les machines demi-fixes qui, en raison de leur faible consommation de vapeur, ont aujourd'hui la préférence; enfin pour les puissances intermédiaires, de 500 à 1500 chevaux, c'est toujours la vieille machine à pistons qui détient le record.

(1) Aimé Witz, *Rendement comparé des machines à vapeur et des moteurs à gaz* (*L'Éclairage électrique*, t. XXX, 4 et 11 janvier 1902, p. 5 et 41), et *Fonctionnement comparé des machines à vapeur et des moteurs à gaz* (*L'Éclairage électrique*, t. XXXI, 24 et 31 mai 1902, p. 269 et 315).

Quelles sont les causes qui ont cantonné le moteur à gaz dans les installations de faible puissance, qui lui ont fermé la porte de la grande industrie? C'est ce que recherche M. Mathot dans l'article que nous venons de signaler.

Il serait assez naturel de considérer comme cause primordiale la mauvaise réputation que s'est faite le moteur à gaz à la suite de quelques échecs plus ou moins retentissants. Comme le dit M. Mathot, il n'est pas rare de rencontrer des ingénieurs qui déclarent à qui veut les entendre : « Les moteurs à gaz ne valent rien, ils manquent d'élasticité et de régularité et renferment des organes trop délicats pour assurer un service régulier. » Une telle opinion, très répandue, est nécessairement de nature à entraver le développement des applications des moteurs à gaz. Toutefois, comme elle peut être réfutée aujourd'hui, avec preuves à l'appui, par les applications qui ont été faites dans les installations minières de moteurs à gaz de haut fourneau ou de four à coke, elle ne saurait empêcher complètement le moteur à gaz de s'implanter peu à peu dans les installations industrielles de 500 à 1500 chevaux, s'il était vraiment plus économique que le moteur à vapeur pour ces puissances.

Or il se trouve précisément que, malgré les assertions intéressées de certains constructeurs, le moteur à gaz est rarement plus économique que le moteur à vapeur pour les installations de ce genre si l'on tient compte de tous les facteurs qui viennent grever l'exploitation. C'est ce que montre M. Mathot en établissant les bilans des frais d'exploitation pour des installations de 500 et de 1000 chevaux, les unes avec moteurs à vapeur, les autres avec moteurs à gaz et gazogènes à aspiration. On verra, en effet, par la comparaison de ces bilans que, pour une installation de 500 chevaux, les frais d'exploitation avec moteur à gaz et gazogène à charbon anthraciteux ne sont inférieurs que de 500^{fr} aux frais d'exploitation avec moteur à vapeur et chaudière, et que, pour une puissance de 1000 chevaux, c'est le moteur à gaz qui est le moins économique, coûtant 2600^{fr} de plus que le moteur à vapeur. Il est vrai que, si l'on suppose le gazogène alimenté avec du charbon ordinaire au lieu de charbon anthraciteux, le moteur à gaz devient dans les deux cas plus économique que le moteur à vapeur, de 4400^{fr} pour 500 chevaux et de 5000^{fr} pour 1000 chevaux; mais il faut convenir qu'on ne connaît pas encore de type de gazogène à aspiration satisfaisant à cette condition de pouvoir brûler du charbon ordinaire sans donner lieu à aucun inconvénient.

Les partisans du moteur à gaz, et M. Mathot est précisément de ceux-ci, ce qui donne à ses conclusions une importance particulière, doivent donc en prendre leur parti et convenir que, dans les conditions actuelles, ce moteur ne peut lutter économiquement avec le moteur à vapeur dans les installations industrielles de 500 à 1000 chevaux.

Mais faudrait-il en conclure que le moteur à gaz est condamné à ne jamais être utilisé dans ces installations? Ce n'est pas l'avis de M. Mathot qui, après avoir montré l'obstacle, indique les moyens de le tourner.

Un premier moyen serait de diminuer le prix du moteur à gaz, lequel vient grever considérablement, par les intérêts et l'amortissement, les frais d'exploitation. Il semblerait que ce soit facile, le moteur à gaz étant généralement considéré comme de fabrication peu coûteuse. Mais ceci n'est exact que pour le moteur à simple effet, et en pratique sa puissance est limitée à 150 ou 175 chevaux pour les moteurs à à un seul cylindre. Il faut donc pour les installations qui nous occupent des moteurs à plusieurs cylindres et en outre à double effet, si l'on veut arriver à une puissance de 1000 chevaux. Or les moteurs à double effet sont de construction très coûteuse. Cette considération n'a qu'une faible importance lorsqu'il s'agit d'installations métallurgiques : l'économie d'exploitation au moyen de moteurs à gaz comparée à l'exploitation au moyen de machines à vapeur y est très considérable en raison des conditions spéciales de ces installations. Elle devient, par contre, très importante pour les installations industrielles courantes. Aussi M. Mathot appelle-t-il l'attention des constructeurs sur ce point, leur conseillant de fabriquer les moteurs à gaz en série, sur un même type, au lieu de constamment modifier ce type dès que deux ou trois exemplaires en ont été construits.

Un second moyen de diminuer les frais d'exploitation des installations à moteurs à gaz serait de rendre ces moteurs suffisamment robustes, par l'élimination de toute pièce délicate, pour qu'on ne soit pas obligé de majorer l'amortissement de 3 pour 100 lorsqu'on passe d'une installation à moteurs à vapeur à une installation à moteurs à gaz de même puissance.

Le troisième moyen regarde spécialement les constructeurs de gazogènes, car, ainsi que nous le rappelons plus haut, il suffirait que les gazogènes à aspiration puissent brûler du charbon aussi bon marché que celui qui est brûlé dans les foyers de chaudières pour que l'économie ressortisse immédiatement en faveur des moteurs à gaz.

En terminant, faisons observer que les considérations développées par M. Mathot ne sont nullement en désaccord avec la conclusion à laquelle arrivait un ingénieur américain, M. G. Stott, dans un article

publié récemment ici (¹), à savoir : que dans les grandes usines l'emploi simultané des moteurs à gaz et des turbines à vapeur constitue le procédé le plus économique de production de la force motrice. Il pourrait sembler en effet que, si le moteur à gaz est incapable de lutter victorieusement avec le moteur à vapeur dans les installations de 500 à 1500 chevaux, il sera encore plus incapable de lutter avec la turbine à vapeur dans les installations de plusieurs dizaines de milliers de chevaux. Mais il ne faut pas oublier que, dans des installations aussi puissantes, les gazogènes soufflés s'imposent et qu'on peut dès lors brûler toute espèce de combustibles ou à peu près. D'autre part, il y a une différence encore plus importante entre les conditions d'exploitation admises par M. Mathot et par M. Stott, car, tandis que le premier suppose que le moteur n'est en service que pendant 300 jours de 10 heures et à charge réduite, M. Stott suppose que le moteur marche à pleine charge d'un bout de l'année à l'autre, ne s'arrêtant que lorsqu'il est indispensable de le nettoyer ou de le réparer. Or cette différence des conditions d'exploitation est de nature à changer du tout au tout le résultat de la comparaison des dépenses d'exploitation, puisque, en raison de la faiblesse de la dépense en combustible, un moteur à gaz est d'autant plus économique que son service est plus chargé.

*
* *

L'usine de la Verzasca, décrite page 387, est destinée à compléter la distribution de l'énergie électrique dans la ville de Lugano et ses environs. Située à Gordola, elle est prévue pour six turbines de 1000 chevaux et deux de 125 chevaux alimentées par une chute de 260^m ; les premières commandent des alternateurs à courants triphasés à 4200 volts et 50 périodes par seconde ; aux secondes sont accouplées les excitatrices ; la moitié du matériel électrique, fourni par les Ateliers de Œrlikon et la Maison Brown, Boveri et Cie, est en exploitation ou en cours de montage.

L'énergie électrique est transmise, sous la tension de 25000 volts, par une ligne de 25^{km} à six conducteurs, montée sur poteaux en bois, à la station transformatrice de Massagno, proche de Lugano, où la tension est réduite à 3600 volts ; des postes de transformation établis dans la ville abaissent la tension à 120 volts pour la distribution.

Les essais de réception ont montré que les régulateurs de pression et de vitesse installés sur les turbines donnent toute satisfaction : en faisant passer brusquement une turbine de 1000 chevaux de la marche en pleine charge à la marche à vide, l'augmentation de pression statique dans la conduite forcée n'est que de 4 pour 100 et l'augmentation de vitesse ne dépasse pas 4,2 pour 100, la vitesse normale se rétablissant au bout de 9 secondes. Les dispositifs de sécurité installés sur la ligne de transmission par la Maison Sprecher et Schuh ont également donné satisfaction. On verra en outre par la lecture de l'article que les dispositions les plus modernes ont été adoptées dans l'établissement des tableaux.

*
* *

On sait qu'à la suite de l'incendie qui, le 20 septembre 1908, détruisit presque complètement le bureau central téléphonique de Gutenberg, on décida, après examen de diverses solutions, de parer aux besoins les plus pressants en installant un nouveau bureau provisoire sur l'emplacement d'une cour servant de remise aux voitures du service postal. Ce sont ces **nouvelles installations téléphoniques de Paris** qui sont décrites page 388 d'après une communication de M. H.-E.-A. André, à la Société internationale des Électriciens.

Dans cette communication M. André ne s'est d'ailleurs pas borné à une simple description des installations nouvelles ; il y indique également comment il a été possible, malgré des difficultés très réelles, de les exécuter en un temps extrêmement court ; de plus, il y développe très longuement les avantages que présente pour le public l'adoption du système téléphonique à batterie centrale. En raison de l'étendue de cette communication, qui n'occupe pas moins de 62 pages du *Bulletin de la Société des Électriciens*, nous avons dû restreindre sa publication dans ces colonnes à sa partie purement technique ; en particulier, nous avons laissé complètement de côté la partie où M. André développe ses arguments en faveur de la batterie centrale, ces arguments nous ayant paru exposés avec suffisamment d'ampleur dans un article d'ensemble sur le téléphone publié dans ces colonnes il y a environ un an par M. Turpain (¹). Quant aux conditions dans lesquelles furent exécutées les installations provisoires décrites, voici, en quelques mots, ce qu'en dit M. André :

L'incendie du 20 septembre, en détruisant en quelques heures trois multiples de 6000 à 10000 abonnés et en détériorant les tables des lignes suburbaines et interurbaines, mettait brutalement

(¹) *La Revue électrique*, t. XII, 30 octobre 1909, p. 297, (et p. 283 de la Chronique).

(¹) A. Turpain, *Du téléphone de Bell aux multiples automatiques; essai sur l'origine et le développement du téléphone* (*La Revue électrique*, t. X, 15 novembre 1908, p. 341; t. XI, p. 68, 108, 142, 184, 217 et 269, février, mars et avril 1909). Pour les multiples à batteries centrales, voir particulièrement p. 147, 28 février 1909.

hors de service environ 20000 lignes d'abonnés, plus de 400 circuits reliant Paris à la banlieue ou à la province et toutes les lignes auxiliaires des bureaux secondaires téléphoniques de Paris qui passaient par le bureau central de Gutenberg. Outre une perte matérielle d'environ une vingtaine de millions de francs, il en résulta une désorganisation à peu près complète du service téléphonique parisien et un trouble profond dans les communications interurbaines du pays entier.

Il était indispensable de remédier le plus rapidement possible à ce désastre. L'édification d'un bureau provisoire dans le voisinage immédiat du bureau incendié fut aussitôt décidée; pour le matériel on autorisa la Compagnie Thomson-Houston à utiliser, pour l'installation d'un multiple de 10000 abonnés, tout son Matériel en stock ou en construction destiné à d'autres bureaux de Paris en cours de transformation, en même temps qu'on autorisait la Société de Matériel téléphonique (Aboilard et Cie) à faire appel à la Western Electric Company de Chicago pour la construction, dans un délai extrêmement court de 18 jours, d'un autre multiple de 10000 abonnés.

Les travaux de construction du bureau provisoire, confiés à M. Binet, architecte, commencèrent dès le 24 septembre. Des fermes en fer, provenant des installations faites l'année précédente sur l'Esplanade des Invalides pour l'Exposition du Cycle et de l'Automobilisme, furent rapidement montées, et le 10 octobre suivant, c'est-à-dire 18 jours exactement après l'ordre de construire, un hangar clos et couvert de 70m de long et de 10m de large était mis à la disposition des sociétés chargées de la fourniture des appareils téléphoniques.

Pendant ce temps l'Administration des Téléphones activait la reconstitution du réseau des lignes téléphoniques. Le sous-sol de l'ancien bureau, où se trouvait le répartiteur général d'entrée, dont il ne restait plus que le bâti de fer, fut tout d'abord déblayé des 50t environ de débris de fer, cuivre, bois et plomb qui l'encombraient. En même temps deux galeries souterraines furent percées pour faire communiquer ce sous-sol avec le nouveau bureau.

Le répartiteur général ne comportait pas moins de 300 têtes verticales à 28 paires de plots où aboutissaient 300 câbles à 112 paires de fils; 50 seulement purent être réutilisées après réparations; 250 durent être confectionnées par l'industrie privée aussi rapidement que possible. Quant aux câbles, ils avaient été détériorés par l'eau sur une longueur plus ou moins grande; force fut de les sectionner et de remplacer les parties détériorées, d'où un temps précieux perdu à reconnaître les fils et à effectuer les soudures. Malgré ces complications 25000 lignes purent être vérifiées, soudées et mises en bon état de fonctionnement à la date fixée par l'Administration aux constructeurs pour la livraison des nouveaux multiples.

Pendant la durée de ces travaux, qui se sont poursuivis jour et nuit, les lignes desservant les ministères, celles des services publics et celles de la presse avaient été provisoirement détournées et rattachées aux autres bureaux centraux téléphoniques de Paris. En outre, les premières lignes d'abonnés rétablies furent mises en service sur 18 standards installés dans les anciens vestiaires, et moins de 3 semaines après l'incendie 1800 lignes se trouvaient rattachées à ces standards.

Les multiples de 100000 abonnés commandés à la Compagnie Thomson-Houston et à la Société de Matériel téléphonique comprenaient chacun 120 groupes de départ, 75 d'arrivée et 15 groupes intermédiaires. L'un et l'autre furent reliés au répartiteur général par des câbles sous plomb à 21 paires de fils passant dans les galeries souterraines mentionnées plus haut. Pour gagner du temps on apporta bien quelques simplifications au montage normal des installations; mais d'un autre côté une complication survenait de la nécessité de transformer, suivant le système à batterie centrale, tous les groupes de départ, d'arrivée et intermédiaires, sans arrêter ni entraver en quoi que soit le service du bureau. Quoi qu'il en soit, dès le 5 novembre la Compagnie Thomson-Houston pouvait mettre en service 1200 lignes d'abonnés et les lignes de départ correspondantes, et dans la dernière semaine de novembre elle avait terminé l'installation de son multiple. Les groupes de départ du multiple confié à la Société de Matériel téléphonique furent terminés dès le 29 octobre; le mois de novembre fut occupé par le montage des diverses pièces du multiple à mesure qu'elles arrivaient de New-York; le 1er décembre 800 lignes d'abonnés étaient mises en service; enfin, du 1er au 5 décembre, les derniers fils jarretières du répartiteur intermédiaire furent installés pour la mise en service du reste des 10000 abonnés.

On voit par cette relation que, si la réorganisation du service téléphonique parisien n'a pas été aussi rapide que l'eussent désiré les abonnés, il était matériellement impossible de faire plus vite. M. André estime que c'est un véritable tour de force qui a été accompli tant par l'Administration que par les constructeurs. Nous le croyons sans peine.

***

Il y a près d'un an, nous appelions l'attention de nos lecteurs sur l'**autocommutateur téléphonique** à propos de la publication d'une communication sur

ce sujet faite par M. Ch. Barth de Wehrenalp [1] au Congrès international de Télégraphie et de Téléphonie de Budapest (1908). On se souvient peut-être que M. Barth de Wehrenalp se montrait chaud partisan de l'adoption du système automatique sur tous les réseaux comprenant au moins 10000 abonnés et il appuyait son opinion sur les résultats d'essais poursuivis pendant 5 ans sur les réseaux autrichiens. Aussi avons-nous cru devoir détacher de la communication de M. André et reproduire, p. 395, le passage où cet ingénieur exprime son opinion sur les systèmes téléphoniques automatiques. Comme on le verra, cette opinion est diamétralement opposée à celle de M. Barth de Wehrenalp. Notre incompétence en matière téléphonique ne nous permet pas d'avoir personnellement une opinion ; mais, si nous nous faisons l'écho des opinions qui nous ont été exprimées par diverses personnes, compétentes et désintéressées, il semble bien que le système automatique n'a pas « tous les défauts de principe capables d'empêcher son application aux très grands réseaux » dont parle M. André. L'essai du système Lorimer, qui a été commencé à Lyon en décembre 1908 et que nous avons signalé en son temps, paraît, en effet, avoir donné satisfaction aussi bien aux abonnés qu'aux ingénieurs chargés du contrôle. Et cependant, dans cet essai, l'établissement des communications entre l'un des abonnés au système automatique et un abonné au système ordinaire (ce qui était le plus souvent le cas, l'essai du système automatique ne portant que sur 200 abonnés) nécessitait une manœuvre sur une table de jonction qui n'existerait pas sur un réseau dont tous les abonnés seraient pourvus du même système téléphonique.

***

On sait que le four électrique permet de fabriquer des aciers de toute première qualité et que certains procédés de travail permettent de réaliser une désulfuration beaucoup plus complète que celle qu'il est possible d'obtenir au four Martin. Par quel processus s'effectue cette désulfuration? C'est ce qu'examine M. Geilenkirchen dans un article sur la **désulfuration par le procédé Héroult,** analysé page 396.

Ainsi qu'on verra par la lecture de cette analyse, M. Geilenkirchen attribue la désulfuration à deux ordres de phénomènes différents. L'un d'eux consiste en une simple dissolution dans la scorie du sulfure de fer et du sulfure de manganèse contenus dans le bain métallique; la désulfuration qui en résulte ne peut être complète, car il s'établit un équilibre entre la quantité de sulfure dissoute dans le laitier et la quantité qui reste en dissolution dans le bain. Le second genre de phénomènes est de nature chimique : en présence d'un réducteur, la chaux du laitier réagit sur les sulfures du bain et tout le soufre de celui-ci passe à l'état de sulfure de calcium.

La désulfuration par dissolution se produit quel que soit le système de four utilisé, four Martin ou four électrique, mais elle est beaucoup plus poussée avec le four électrique qu'avec le four Martin, parce que, à cause de la plus haute température développée dans le premier, le laitier plus fluide a un pouvoir dissolvant plus grand et l'équilibre de dissolution ne se trouve atteint que pour une teneur en soufre du laitier beaucoup plus élevée.

La désulfuration par réaction chimique et formation de sulfure de calcium peut se produire au four Martin basique dans le cas où le bain métallique est riche en carbone, lequel sert alors de réducteur. Mais la réaction chimique est, même dans ce cas, très incomplète, car elle ne s'effectue qu'au contact du bain métallique et du laitier, et il ne peut y avoir mélange intime du bain et du laitier. D'autre part, le sulfure de calcium formé peut s'oxyder et donner du sulfate de calcium ; en outre, le gaz sulfureux contenu dans les gaz de chauffage peut, en présence de la chaux et de l'oxygène, donner aussi du sulfate de calcium; or le sulfate de calcium est réduit par le fer en donnant du sulfure de fer qui repasse dans le bain, de sorte que la désulfuration ne peut être complète. Avec le four électrique, au contraire, le passage du soufre à l'état de sulfure de calcium peut être réalisé complètement avec un laitier très réducteur contenant du carbure de calcium, carbure qui se produit naturellement dans le four grâce à la haute température qui y règne, ou qu'on peut ajouter au bain si on le juge nécessaire; de plus, avec un laitier aussi réducteur, il n'y a pas à craindre la formation de sulfate de calcium et la resulfuration du bain qui en résulte; tout concorde donc pour assurer l'élimination totale du soufre, et cela très rapidement.

***

On trouvera page 400 quelques informations relatives au carbure de calcium. Rappelons à ce propos que dans le dernier numéro était publié, page 357, un rapport sur l'**industrie du carbure de calcium en Allemagne,** du professeur J.-H. Vogel. Ce rapport nous apprend que la consommation du carbure en Allemagne, après avoir été longtemps en progrès, risque de baisser légèrement cette année. Cette baisse proviendrait, pour la plus grande part, de la décision récente prise par les chemins de fer prusso-hessiens de substituer l'éclairage à incandes-

[1] *La Revue électrique*, t. XI, 15 janvier 1909, p. 5.

cence au moyen du gaz d'huile à l'éclairage par acétylène jusqu'ici employé, décision qui réduira à 700^t la quantité de carbure employée par ces chemins de fer pendant les 6 derniers mois de 1909, alors que cette consommation avait atteint 8400^t pour les 12 mois de 1908. Elle serait également en partie attribuable à un arrêt dans le développement normal des installations privées et publiques d'éclairage à l'acétylène en raison des règlements draconiens concernant ces installations, mis en vigueur depuis 1906.

Mais, fort heureusement, le carbure de calcium a trouvé un nouveau et très important débouché dans la fabrication de la cyanamide calcique ou de la chaux azotée, fabrication qui occupe actuellement en Allemagne deux puissantes usines fabriquant elles-mêmes le carbure qu'elles emploient. D'autres débouchés, moins importants, mais cependant encore appréciables, sont fournis par : la fabrication du tétrachlorure d'acétylène, aujourd'hui fabriqué sur une grande échelle et qui est utilisé pour la dissolution des corps gras comme succédané de l'éther, de la benzine, du sulfure de carbone, liquides sur lesquels il possède le grand avantage d'être ininflammable; la fabrication de l'éthylène trichloré, qui peut remplacer avantageusement le tétrachlorure de carbone dans ses emplois; la fabrication du noir d'acétylène, qui paraît avoir surmonté les difficultés qui l'ont empêchée de se développer jusqu'ici; enfin, la soudure autogène et le découpage des métaux par le chalumeau oxyacétylénique. Tout compte fait, il ne semble pas que la diminution dans la consommation totale soit très appréciable cette année et il est à présumer que ces nouveaux débouchés assureront, dès l'an prochain, une reprise de l'accroissement de la consommation.

*
* *

Le développement des **grands réseaux français de transmission et de distribution d'énergie électriques** s'accentue chaque jour, et aux descriptions que nous avons données l'an dernier dans ces colonnes [1] des grandioses installations de l'Énergie électrique du Littoral méditerranéen et du Sud-Électrique, nous espérons pouvoir ajouter bientôt les descriptions de plusieurs autres réseaux, en particulier du réseau de l'Énergie électrique du Centre et de l'Énergie électrique du Sud-Ouest. En attendant que les nombreuses démarches que nous avons faites auprès des constructeurs et exploitants pour arriver à cette fin soient couronnées de succès, voici quelques renseignements sur le développement récent de ces réseaux.

On se souvient peut-être que, parmi les installations en cours d'exécution au moment où nous décrivions les usines génératrices de l'Énergie électrique du Littoral méditerranéen, nous signalions l'*usine de Ventavon*, édifiée par la Société des Forces motrices de la Haute-Durance, et dont l'énergie devait être livrée en bloc à l'Énergie électrique du Littoral méditerranéen. Cette usine, qui utilise une chute de 52^m sur la Durance, et dont la puissance globale atteindra 20000 à 30000 chevaux, est en fonction depuis environ un mois, et est reliée par une canalisation triphasée à 50000 volts à l'usine de la Brillanne [1], dont les 14000 chevaux ne pouvaient plus suffire aux besoins de la consommation.

Une autre installation des plus intéressantes va être mise en fonction par l'Énergie électrique du Centre : c'est une *ligne de transmission à 60000 volts* reliant Grenoble à Saint-Etienne. Cette ligne a été créée pour mettre en pratique le principe suivant : dans les grands réseaux de distribution, les usines hydrauliques qui les alimentent doivent, autant qu'il est possible, prendre leur force motrice, les unes aux cours d'eau d'origine pluviale, les autres aux torrents prenant leurs sources dans les glaciers, afin que, les périodes d'étiage des deux espèces de cours d'eau ne concordant pas, on ait toujours à sa disposition une puissance hydraulique suffisante. Or, pour desservir la région industrielle de Saint-Étienne, l'Énergie électrique du Centre n'avait jusqu'ici que des usines hydrauliques situées sur des cours d'eau d'origine pluviale, l'usine hydraulique de Saint-Victor-sur-Loire et de Pont-de-Lignon, et la nouvelle usine du Château de Lignon utilisant une chute de 32^m, et pouvant fournir 4000 chevaux. Aussi était-elle dans l'obligation de recourir souvent à ses usines à vapeur et particulièrement à l'usine à vapeur de Saint-Étienne, d'une puissance de 3000 chevaux. La nouvelle ligne de transmission, en lui permettant de recevoir de la région grenobloise 9000 chevaux en hiver et 12000 chevaux pendant l'été, lui permettra, tout au moins pendant quelque temps, de ne faire appel qu'exceptionnellement à ses usines à vapeur. Cette nouvelle ligne n'a pas moins de 113^{km} ; elle est reliée à Grenoble, par un poste de transformateurs qui élèvent la tension de 26000 à 60000 volts, aux lignes de diverses usines des environs de Grenoble, et en particulier à celles de l'usine de la Roizonne, située à 40^{km}. Bien que son établissement ait présenté de sérieuses difficultés en divers points, particulièrement à la traversée du Rhône, sa construction,

(1) *La Revue électrique*, t. XI, août à décembre 1908, en particulier, pages 126 à 156 du numéro du 30 août.

(1) *La Revue électrique*, t. XI, 30 août 1908, p. 136.

effectuée par MM. Giros et Loucheur, n'a duré que quelques mois. Nous en donnerons prochainement une description détaillée.

La troisième installation que nous avons à signaler est celle de *l'usine de Tuilière* de l'Énergie électrique du Sud-Ouest, société fondée en 1906 pour desservir la région du Sud-Ouest, notamment Bordeaux, Angoulême et Périgueux. Cette usine, mise en service il y a 1 an environ, a été décrite à la séance du vendredi 19 novembre de la Société des Ingénieurs civils de France par M. Postel-Vinay, ingénieur à la Compagnie française Thomson-Houston, laquelle a fourni l'équipement électrique de l'usine du réseau.

L'usine de Tuilière utilise une chute de 12^m, créée sur la Dordogne au moyen d'un gigantesque barrage à vannes Stonay, exécuté, ainsi que l'ensemble des installations hydrauliques, par MM. Giros et Loucheur. Cette chute permet de disposer d'une puissance d'environ 25000 chevaux convertie en courants triphasés par neuf groupes électrogènes de 2700 chevaux. A l'usine hydraulique est annexée une usine à vapeur installée pour recevoir deux turbo-alternateurs Curtis-Thomson-Houston. Du poste de transformation partent deux lignes à 30000 volts aboutissant, l'une à Bordeaux, l'autre à Angoulême, cette dernière avec un branchement qui dessert Périgueux.

Nous espérons pouvoir revenir plus en détail sur cette importante installation. Pour le moment, bornons-nous à signaler la réponse faite par M. Postel-Vinay à une question que nous avons bien souvent entendu poser. Pourquoi l'usine thermique de secours a-t-elle été annexée à l'usine hydraulique, alors qu'il semble qu'il eût été préférable de l'installer dans les environs de Bordeaux où l'on peut se procurer le charbon à meilleur marché qu'à Tuilière? La raison en est simple : c'est qu'en cas où l'énergie hydraulique viendrait à faire défaut, il existe à Bordeaux suffisamment d'usines à vapeur pour alimenter la ville et la région environnante; par contre, il n'en existe pas à Angoulême et à Périgueux, et pour ces deux villes il fallait créer une usine de secours; le prix du charbon dans ces villes étant au moins aussi élevé qu'à Tuilière, il devenait dès lors préférable, au point de vue de la réduction des dépenses de personnel, d'installer l'usine de secours à Tuilière.

***

Profitons de ce que nous venons de parler de la dernière séance des Ingénieurs civils pour signaler une intéressante communication faite à la même séance par M. Georges Claude sur les **applications industrielles de l'oxygène et de l'air liquide**. En ce qui concerne l'oxygène, les deux seules applications qu'ait eues jusqu'ici ce gaz sont la soudure autogène et le découpage des métaux par le chalumeau. Une nouvelle application qui, si elle se développe comme il est probable, emploiera des quantités énormes d'oxygène, est l'enrichissement en oxygène de l'air insufflé dans les hauts fourneaux. On obtient ainsi une plus haute température et un meilleur rendement des hauts fourneaux, et, à la suite d'essais prolongés et probants, une importante compagnie métallurgique de Belgique vient de faire une installation pour la production horaire de 400^{m^3} d'oxygène en vue de porter de 21 à 23 pour 100 la teneur en oxygène de l'air insufflé. Cette application intéresse les électriciens non seulement comme acheteurs de matériaux métallurgiques, mais encore comme fabricants de produits du four électrique. Il est en effet à craindre que, dans les applications où le four électrique n'est utilisé qu'en raison de la haute température qu'il développe, il puisse être remplacé par des fours au charbon avec insufflation d'oxygène. On a déjà tenté, il y a une dizaine d'années, la fabrication du carbure de calcium dans des fours de ce genre; les résultats n'ont pas été, autant que nous nous en souvenons, très satisfaisants, mais ils peuvent s'améliorer.

Une autre application de l'oxygène qui intéresse les électriciens est l'enrichissement en oxygène de l'air dans la fabrication électrique de l'acide azotique; toutefois, jusqu'ici cette application n'est pas en pratique industrielle.

Par contre l'azote, qui est produit en même temps que l'oxygène, est aujourd'hui utilisé en grandes quantités dans les usines de cyanamide calcique.

Enfin le procédé Claude pour la fabrication de l'oxygène va peut-être donner naissance à un nouveau mode d'éclairage électrique : l'éclairage par **tubes luminescents au néon**. Le néon, bien que se trouvant en quantité infinitésimale dans l'air, se retrouve en effet en grande abondance dans les corps qui restent dans les appareils rectificateurs où se font la liquéfaction et la séparation des éléments de l'air. Or, le néon possède un pouvoir luminescent très considérable : si l'on agite un tube rempli de néon et contenant quelques gouttes de mercure, le néon prend une belle luminescence rouge sous l'effet de l'électricité à haute tension développée par le frottement du mercure contre le verre. Cette propriété a donné à M. Claude l'idée d'utiliser le néon pour la production de la lumière en faisant passer dans des tubes à néon des courants alternatifs de haute tension, tubes analogues aux tubes de Moore. Les essais, non encore terminés, ont donné des résultats satisfaisants : la bougie lumineuse est obtenue avec une dépense de moins d'un watt. Attendons-nous donc à voir paraître un jour ou l'autre la lampe à néon.

J. Blondin.

UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ.

Siège social : boulevard Haussmann, 63, Paris. — Téléph. : 276-35.

Syndicats adhérents à l'Union : SYNDICAT DES FORCES HYDRAULIQUES, DE L'ÉLECTROMÉTALLURGIE, DE L'ÉLECTROCHIMIE ET DES INDUSTRIES QUI S'Y RATTACHENT; SYNDICAT PROFESSIONNEL DES INDUSTRIES ÉLECTRIQUES; SYNDICAT PROFESSIONNEL DES INDUSTRIES ÉLECTRIQUES DU NORD DE LA FRANCE; SYNDICAT PROFESSIONNEL DE L'INDUSTRIE DU GAZ (USINES ÉLECTRIQUES DU); SYNDICAT PROFESSIONNEL DES USINES D'ÉLECTRICITÉ.

UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ.

VINGT-DEUXIÈME BULLETIN BIMENSUEL DE 1909.

Extrait du procès-verbal de la séance du Comité de l'Union des Syndicats de l'Électricité du 13 octobre 1909.

Présents : MM. Brylinski, Cordier, vice-présidents; Fontaine, secrétaire; de la Fontaine-Solare, secrétaire adjoint; Debray, Eschwège, Pinot, Sartiaux, Sciama, Sée.

Absents excusés : MM. Guillain, président; Coze et Zetter, vice-présidents; Vautier, secrétaire adjoint; Beauvois-Devaux, trésorier; Godinet.

En l'absence de M. Guillain, la séance est présidée par M. Brylinski.

Il est rendu compte de la situation de caisse.

CORRESPONDANCE. — Il a été donné connaissance de la communication du Syndicat Professionnel de l'Industrie du Gaz faisant part de la constitution de son Bureau pour l'année 1909 et du compte rendu des assemblées générales du Syndicat Professionnel de l'Industrie du Gaz et du Syndicat Professionnel des Usines d'Électricité.

LOI DU 15 JUIN 1906. — La circulaire de M. le Ministre des Travaux publics relative à la communication au Service des Télégraphes de l'avant-projet des distributions à établir par permission de voirie est communiquée au Comité, ainsi que l'arrêté de M. le Ministre des Travaux publics, du 25 août 1909, fixant la composition de la Commission des distributions d'énergie (*Journal officiel* du 27 août 1909).

PROJET DE LOI SUR LES USINES HYDRAULIQUES ÉTABLIES SUR LE DOMAINE PUBLIC. — Le rapport supplémentaire présenté par M. Léon Janet au nom de la Commission des Travaux publics, des chemins de fer et des voies de communication sur le projet de loi relatif aux usines hydrauliques établies sur les cours d'eau et canaux du domaine public est communiqué au Comité.

Le projet de loi sur les forces hydrauliques établies sur le domaine public a été adopté par la Chambre des Députés dans sa séance du 16 juillet.

LÉGISLATION ÉTRANGÈRE. — Le Bulletin de la Société belge d'Électriciens, contenant un projet de loi allemand sur les distributions d'énergie et les Bulletins de l'Association suisse des Électriciens, contenant des adresses aux départements fédéraux relativement aux prescriptions fédérales sur l'établissement et l'entretien des installations électriques à fort courant et à l'avant-projet de loi sur les forces hydrauliques, sont communiqués au Comité.

UNIFICATION DES PAS DE VIS. — La Commission de l'unification internationale des pas de vis des appareils d'utilisation du gaz a publié le procès-verbal des réunions. Aucune solution n'est encore intervenue.

ASSOCIATION D'ACHAT EN COMMUN DES LAMPES A INCANDESCENCE. — Le projet d'association d'achat en commun des lampes à incandescence est actuellement soumis au contentieux de l'Union.

RÈGLEMENT SUR LES INSTALLATIONS INTÉRIEURES. — La Commission s'est réunie les 15, 21, 28 septembre et 6 octobre 1909. Les travaux de la Commission sont très avancés.

CAHIER DES CHARGES POUR CABLES A HAUTE TENSION. — Relativement à cette question, les membres du Syndicat Professionnel des Industries électriques indiquent qu'une proposition interviendra à bref délai, pour le seul point qui reste en discussion, permettant une transaction certainement possible.

REVISION DE L'ARRÊTÉ TECHNIQUE. — Les démarches nécessaires en vue de la revision de l'arrêté technique ont été faites auprès du Ministère des Travaux publics et les demandes des Syndicats adhérents à l'Union ont été transmises au Ministère.

Note.

La circulaire du 17 mars 1909, relative à l'emprunt des voies ferrées par les distributions d'énergie électrique et à la nécessité de ne les autoriser que dans des cas exceptionnels, qui a été reproduite dans *La Revue électrique* du 15 novembre, page 351, a été l'objet d'observations faites par les Compagnies de Chemins de fer, qui ont fait remarquer que l'installation, le long de leurs voies, de canalisations de distributions d'énergie électrique pouvait leur procurer l'avantage d'utiliser au passage le courant électrique pour l'éclairage des gares et la mise en action d'engins mécaniques de manutention ou autres.

A la suite de ces observations, un accord s'est établi pour admettre ces canalisations suivant des conditions déterminées, en raison du grand profit que peut en tirer le service public des Chemins de fer, et pour ne les proscrire que dans des circonstances spéciales où il peut en résulter des inconvénients sérieux pour leur exploitation.

Unification des douilles et culots de lampes.

Il est rappelé, en conformité de la décision du Comité de l'Union du 2 décembre 1908, que la réglementation relative à l'unification des douilles et culots de lampes sera définitivement applicable à partir du 1er janvier 1910.

SYNDICAT PROFESSIONNEL DES INDUSTRIES ÉLECTRIQUES.

Siège social : rue Saint-Lazare, 11.

Téléphone : 238-60.

VINGT-DEUXIÈME BULLETIN BIMENSUEL DE 1909.

Extrait du procès-verbal de la séance de la Chambre Syndicale, le 9 novembre 1909.

Présidence de M. C. Zetter.

La séance est ouverte à $2^h 25^m$.

Sont présents : MM. H. André, Bancelin, J.-M. Berne, Chaussenot, Ducretet, Gaudet, Grosselin, Guinier, Hillairet, de La Ville Le Roulx, Lecomte, Legouëz, M. Meyer, Meyer-May, Mildé, Roche-Grandjean, Routin, E. Sartiaux, Ch. Tournaire, Zetter, et M. de la Fontaine Solare, secrétaire général du Syndicat.

Se sont excusés : MM. Chateau, Dinin, Larnaude, Minvielle, Portevin, Sciama.

La Chambre Syndicale prie son président de se faire l'interprète de ses condoléances les plus sincères auprès de M. Larnaude empêché d'assister à la séance par un deuil de famille.

— Le procès-verbal de la séance du 5 octobre 1909, publié dans *La Revue électrique* du 30 octobre, est adopté.

ADMISSIONS. — Sont admis dans le Syndicat Professionnel des Industries électriques :

1° Au titre d'établissement adhérent :

Sur la présentation de MM. Portevin et Zetter, ***Édoux et Cie***, Constructions mécaniques et électriques, Ascenseurs, 76, rue Lecourbe, à Paris, inscrits dans la première section professionnelle et représentés par M. Georges Grosclaude, associé ;

Sur la présentation de MM. Lecomte et Zetter, ***Ch. Aubert***, Exploitation française des lampes à arc brevets Beck, 41, avenue Sainte-Foy, à Neuilly-sur-Seine, inscrit dans la deuxième Section professionnelle et représenté par M. Ch. Aubert ;

Sur la présentation de MM. Sartiaux et Meyer-May, ***L. Hamm et Cie***, appareils téléphoniques, entreprise d'installations électriques, 15, rue de la Banque, à Paris, inscrits dans les quatrième et sixième Sections professionnelles et représentés par M. L. Hamm ;

Sur la présentation de MM. Espir et Zetter, ***J. Mizery***, appareillage électrique, 25, rue Amelot, à Paris, inscrit dans la deuxième Section professionnelle et représenté par M. Mizery ;

Sur la présentation de MM. Meyer-May et Zetter, ***Société anonyme des usines électriques Bergmann***, Manufacture d'appareils électriques, 6, rue Boudreau, à Paris, inscrite dans les première et deuxième Sections professionnelles et représentée par M. Léo Linder, administrateur délégué ;

Sur la présentation de MM. Tournaire et Zetter, ***G. Bouchery et Cie***, constructeurs de câbles pour canalisations électriques, 5, rue des Augustins, à Lille, inscrits dans les troisième et septième Sections professionnelles et représentés par MM. Bouchery et Marcel Scrive.

2° A titre d'adhérents en nom personnel, inscrits dans la septième Section professionnelle :

Sur la présentation de MM. Lecomte et Zetter, ***M. Boero*** (Joseph), fondé de pouvoirs de la Maison Ch. Aubert, 41, avenue Sainte-Foy, à Neuilly-sur-Seine ;

Sur la présentation de MM. Lecomte et Roche-Grandjean, ***Compagnie « Universel Electric »***, réparations et transformations de dynamos et moteurs, 35, rue de Bagnolet, à Paris, représentée par M. Charles Roulland ;

Sur la présentation de MM. Fauchon et Zetter, ***Comptoir d'électricité du Sud-Ouest***, vente de matériel électrique, 14, rue du Chapeau-Rouge, à Bordeaux, représenté par M. Darsses ;

Sur la présentation de MM. Ziegler et Zetter, ***M. Herrgott*** (Camille), ingénieur (tissus, tapis, tricots chauffant par l'électricité), au Valdoie, près Belfort ;

Sur la présentation de MM. Bardon et Zetter, ***M. Raybaud*** (Émile), Ingénieur électricien, 6, cours d'Albret, à Bordeaux ;

Sur la présentation de MM. de La Ville Le Roulx et Zetter, ***M. Badon-Pascal***, ingénieur des Arts et Manufactures, 30, rue des Dames, à Paris ;

Sur la présentation de MM. Minvielle et Zetter, ***M. Trevert***, isolateurs et ferrures, 75, rue Vieille-du-Temple, à Paris.

DÉMISSION. — La Chambre Syndicale accepte la démission de M. Jaeggé (Henri), qui ne s'occupe plus d'électricité.

CORRESPONDANCE. — La Chambre Syndicale reçoit communication d'une lettre de remercîments de l'Office national du Commerce extérieur à l'occasion de la subvention qui lui a été accordée par le Syndicat pour l'exercice 1908.

— M. le Président fait connaître qu'il a été invité au banquet annuel de la Société des anciens élèves des Ecoles nationales d'Arts et Métiers, le 23 octobre, et qu'il a accepté avec plaisir d'y représenter le Syndicat.

UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ. — M. le Président rend compte de la séance tenue par le Comité de l'Union le 13 octobre. Le procès-verbal en sera publié dans *La Revue électrique* du 30 novembre.

UNION DES INDUSTRIES MÉTALLURGIQUES ET MINIÈRES. — M. le Président rend compte de la réunion tenue par le Comité le 5 novembre.

Les statuts de l'Union ont été modifiés à l'effet de permettre aux Chambres syndicales de la Construction mécanique de former une section au sein de l'Union.

— M. le Sénateur Touron a entretenu le Comité de la proposition de loi adoptée par la Chambre des Députés et actuellement inscrite à l'ordre du jour du Sénat sur les retraites ouvrières.

— Le Comité a discuté la question du payement des salaires qui a fait l'objet d'une proposition de loi adoptée par la Chambre des Députés, le 30 juin dernier, et actuellement soumise au Sénat.

— Il a été rendu compte d'un arrêt de la Cour de cassation relatif à la retenue sur les salaires pour fournitures d'économats :

Le salaire de l'ouvrier ne peut être saisi ni cédé que jusqu'à concurrence d'un dixième.

Cette disposition de la loi étant d'ordre public, toute convention contraire est nulle; par suite, la compensation, même acceptée par l'ouvrier, d'une partie de son salaire supérieure au dixième avec une dette contractée par lui vis-à-vis du patron ne fait pas obstacle à la répétition des sommes ainsi retenues.

— L'Union des Industries métallurgiques et minières a publié les documents suivants qui ont été remis aux membres de la Chambre Syndicale :

N° 417. — Commission des crises économiques. — Rapport présenté au nom de la Commission sur les indices des crises économiques, par MM. Edmond Laurent et Georges Cahen, auditeurs de 1re classe au Conseil d'État.

N° 418. — Rapport de la Commission supérieure du travail sur l'application en 1908 des lois réglementant le travail.

N° 419. — Accidents du travail. — Rapport de M. le Ministre du Travail sur l'application générale de la loi du 9 avril 1898 et la situation des Sociétés d'assurances en 1908.

Questions financières. — M. le Président rappelle que, sur l'initiative de l'Union des Syndicats patronaux des Industries textiles de France, un certain nombre de groupements commerciaux, industriels et agricoles ont constitué, conformément à la loi de 1901, un *Comité central d'études et de défense fiscale*. Cette Association, dont le siège est situé à Paris, 21, rue Croix-des-Petits-Champs, a pour objet l'étude et la sauvegarde des intérêts généraux de l'agriculture, du commerce, de l'industrie, etc., en premier lieu au point de vue fiscal. M. Carmichaël en a été élu président.

Le Comité central des Chambres syndicales centralise, pour les verser au Comité de défense fiscale, les souscriptions de ses Chambres syndicales adhérentes et demande au Syndicat de bien vouloir lui faire connaître le montant de la somme qu'il voudra bien attribuer à cette œuvre de défense d'intérêt général.

La Chambre Syndicale, consultée sur l'appui qu'il est opportun de donner aux efforts de ce Comité, vote une allocation de 200 francs une fois donnée.

— La Chambre Syndicale ouvre un crédit de 500fr en vue de la publication de l'Annuaire pour 1910.

Sections professionnelles. — ***Revision du Bordereau des prix de salaires normaux pour les marchés passés au nom du Département de la Seine et de la Ville de Paris.*** — M. le Président fait connaître le résultat de la consultation à laquelle il a été procédé auprès des établissements adhérents en vue de déterminer les prix de salaires normaux actuellement payés par les Industries de l'Électricité.

Il s'ensuit que les prix actuellement payés aux ouvriers ne sont pas plus élevés que ceux figurant au Bordereau établi par les soins de la Préfecture de la Seine, le 4 février 1907.

La Chambre Syndicale indique donc à son président les avis qu'il y aura lieu de donner à la Commission mixte de patrons et d'ouvriers qui a été saisie de la question de la revision du Bordereau de 1907.

Apposition des indications d'origine sur les marchandises importées ou exportées. — Les Sections professionnelles ont été invitées à donner leur avis sur l'opportunité de cette apposition. La majorité s'est prononcée en faveur de cette disposition. En conséquence, la Chambre Syndicale émet le vœu :

Que, en ce qui concerne l'Industrie électrique et sous réserve de l'avis des autres Syndicats intéressés, l'apposition de l'indication d'origine soit exigée sur tous les appareils complets importés en France.

Revision de l'Arrêté technique du 21 mars 1908. — M. le Président donne connaissance à la Chambre Syndicale des modifications qui ont été demandées par l'Union des Syndicats de l'Électricité. Il rappelle que la septième Section, qui avait été consultée à ce sujet, a déclaré s'en rapporter entièrement à cette Union.

Première Section. — ***Prescriptions normales pour la fourniture et la réception des machines et transformateurs électriques.*** — M. le Président rappelle que, conformément au désir exprimé par la Chambre Syndicale dans sa séance du 6 juillet 1909, M. Hillairet, pour le Syndicat des Industries électriques, et M. Brylinski, pour le Syndicat des Usines d'électricité, ont été nommés membres de la Commission intersyndicale chargée de l'étude de cette question.

Cette Commission va poursuivre activement ses travaux sous la présidence de M. Legouëz.

Troisième Section. — ***Cahier des charges pour câbles sous plomb armés.*** — M. Grosselin, Président de la troisième Section, fait connaître à la Chambre Syndicale que l'accord paraît s'être établi sur cette question entre le Syndicat des Usines d'Électricité et le Syndicat des Industries électriques. Il espère faire enregistrer cet accord au cours de la prochaine séance de la Section et l'apporter à la Chambre Syndicale lors de sa réunion de décembre.

Questions douanières. — M. Meyer-May donne connaissance à la Chambre Syndicale de divers amendements présentés par M. Farjon aux projets de loi et aux propositions de loi tendant à modifier la loi du 11 janvier 1892 sur le tarif général des Douanes.

Ces amendements, relatifs aux métaux, s'appliquent aux nos 205, 206, 207, 209, 210 et 212. Ils semblent avoir été déposés après accord entre le Gouvernement et la Commission des Douanes; il est donc très probable qu'ils seront adoptés par la Chambre des Députés. M. Meyer-May signale les améliorations qui résulteraient de l'adoption de ces amendements par rapport aux projets primitifs; mais la Chambre Syndicale constate avec regret que ces amendements laissent subsister certaines majorations de tarif qui ne peuvent qu'être très préjudiciables aux industries électriques.

La Chambre Syndicale charge M. Meyer-May de faire connaître son sentiment et d'exprimer ses regrets à M. le Directeur du Commerce et de l'Industrie.

L'ordre du jour étant épuisé, la séance est levée à 4h10m.

Le Président, C. Zetter.

Le Secrétaire général, de la Fontaine-Solare.

Bibliographie.

MM. les membres adhérents peuvent se procurer au Secrétariat général :

1° Les statuts du Syndicat;

2° Les annuaires du Syndicat;

3° La collection complète des Bulletins;

4° Les numéros séparés dont ils auraient besoin pour compléter leur collection;

5° Les instructions concernant les conditions d'établissement des installations électriques dans l'intérieur des maisons;

6° Les instructions générales pour la fourniture et la réception des machines et transformateurs électriques (*ces instructions sont actuellement en revision*);

7° La série de prix des travaux d'électricité établie par le groupe des Chambres syndicales du bâtiment et des industries diverses et le Syndicat Professionnel des Industries électriques (édition de 1907);

8° Le Rapport de M. Guicysse sur les retraites ouvrières;

9° Les affiches dont l'apposition est prescrite par les lois réglementant le travail (voir *Bulletin* de juin 1905);

10° Les affiches « Dangers de l'alcoolisme » et « Conseils pour éviter la tuberculose »;

11° L'affiche indiquant les secours en cas d'accidents dus aux conducteurs d'énergie électrique;

12° La loi du 15 juin 1906 sur les distributions d'énergie; les décrets, arrêtés et circulaires relatifs à l'application de cette loi;

13° La convention pour la concession de la distribution de l'énergie électrique dans Paris.

Liste des documents publiés dans le présent Bulletin à l'intention des membres du Syndicat Professionnel des Industries électriques.

Ministère des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes. — Arrêté agréant le Bureau du contrôle et d'essais annexé à l'Institut électrotechnique de Grenoble pour la délivrance du certificat d'essai des compteurs d'énergie électrique, p. 398.

Arrêté organisant le contrôle des distributions d'énergie électrique dans le département du Var, p. 398.

Arrêté nommant un secrétaire adjoint rapporteur de la Commission des distributions d'énergie électrique, p. 398.

Avis commerciaux. — Rapports commerciaux des agents diplomatiques et consulaires de France, p. 399. — Tableau des cours du cuivre, p. 399.

SYNDICAT PROFESSIONNEL DES USINES D'ÉLECTRICITÉ.

Siège social : rue Tronchet, 27, Paris.

Téléphone : 225-92.

Vingt-deuxième Bulletin bimensuel de 1909.

Extrait du procès-verbal de la séance de la Chambre Syndicale, le 26 octobre 1909.

Présents : MM. Brylinski, président; Brachet, vice-président; Fontaine, secrétaire général; Chaussenot, secrétaire adjoint; Beauvois-Devaux, trésorier; Bizet, Cahen, Eschwège, Sée, de Tavernier, Widmer.

Absents excusés : MM. Tainturier, vice-président, et Tricoche.

Il est rendu compte de la situation financière.

Nouveau membre de la Chambre Syndicale. — M. le Secrétaire donne connaissance de la lettre par laquelle M. Legouez, administrateur des Ateliers de construction du Nord et de l'Est, accuse réception de sa nomination comme membre de la Chambre Syndicale.

Correspondance et travaux intérieurs. — Depuis la dernière séance, la correspondance avec les membres du Syndicat a porté principalement sur les dommages causés par la foudre, sur la traversée des voies ferrées, le cahier des charges type, le monopole d'éclairage, les frais de contrôle, les interprétations de traités, etc.

Des adhésions ont été sollicitées et obtenues.

Le service du placement indique 15 offres, 2 demandes nouvelles et 5 placements annoncés comme réalisés.

Admissions. — M. le Président donne la parole à M. le Secrétaire général pour faire part des demandes d'adhésion et proposer les admissions.

Organisation des Commissions. — M. le Président propose à la Chambre Syndicale de laisser aux présidents des nouvelles Commissions, dont la création a été décidée dans la séance de la Chambre Syndicale du 29 juin 1909, toute latitude pour l'organisation des travaux de leur Commission et la composition des membres qui en feront partie.

Documents sur les distributions d'énergie. — Il est donné connaissance à la Chambre Syndicale du décret du 14 octobre 1909 qui rend applicable en Algérie la loi du 15 juin 1906 sur les distibutions d'énergie, le Gouverneur général exerçant les pouvoirs attribués au Ministre en France (*Journal officiel* du 15 octobre 1909).

Documents officiels. — M. le Secrétaire fait part à la Chambre Syndicale de la nomination au Sénat d'une Commission pour l'examen du projet de loi, adopté par la Chambre des Députés, relatif aux usines hydrauliques établies sur les cours d'eau et canaux du domaine public.

M. le Secrétaire général donne connaissance de la liste des documents parus au *Journal officiel* depuis la dernière séance : Chambre des Députés, rapports sur la proposition de loi relative aux effets de commerce et aux protêts, 28 mai 1909, — sur la proposition de loi concernant l'élection des juges consulaires, 21 juin 1909, — sur la proposition de loi sur le payement des salaires, 22 juin 1909, — sur la modification de l'art. 16 de la loi du 8 avril 1898 sur les accidents du travail, 24 juin 1909, — sur la proposition de loi tendant à modifier l'art. 22 de la loi du 9 avril 1898, 24 juin 1909, — sur la proposition de loi ayant pour objet d'étendre le régime de la législation des accidents du travail aux gens de maison, 7 juillet 1909; — proposition de loi ayant pour but de réparer les dommages causés aux victimes des accidents du travail ou à leurs ayants droit, 8 juillet 1909; — rapport supplémentaire sur le projet de loi relatif aux usines hydrauliques établies sur le domaine public, 8 juillet 1909.

CAHIER DES CHARGES POUR CABLES SOUS PLOMB ARMÉ. — M. le Secrétaire général donne connaissance de la lettre du 18 octobre 1909 de M. Tainturier, rapporteur de la Commission Technique, chargé de la rédaction du cahier des charges des câbles sous plomb armé, ainsi que de l'extrait du procès-verbal de la séance du 14 octobre de la troisième Section du Syndicat Professionnel des Industries électriques proposant de remplacer les mots « sauf convention contraire faite au moment de la pose » par les suivants : « sauf réserves faites par le constructeur au moment de la passation de la commande ».

La Chambre Syndicale adopte cette dernière rédaction. Il en sera donné avis au Syndicat Professionnel des Industries électriques.

RÉIMPRESSION DE LA BROCHURE SUR LA LOI DE 1906. — M. le Secrétaire général indique qu'il a été saisi de demandes d'un certain nombre d'adhérents pour obtenir la réimpression de la brochure sur les distributions d'énergie électrique (1908), de 127 pages, contenant les documents officiels parus à cette époque. Cette brochure ayant une suite, elle sera réimprimée telle quelle et le crédit nécessaire est accordé par la Chambre Syndicale.

RAPPORT SUR LA TRAVERSÉE DES VOIES FERRÉES. — Ce rapport sera imprimé et envoyé aux usines adhérentes.

Relativement à cette question, M. le Président indique qu'en ce qui concerne les filets de protection, la Commission est très partagée sur leur emploi : certains préconisent l'emploi obligatoire, d'autres simplement un emploi toléré et d'autres enfin demandent de l'interdire absolument.

UNION DES INDUSTRIES MÉTALLURGIQUES ET MINIÈRES. — M. le Secrétaire remet aux membres présents les documents suivants émanant de cette Union :

N° 415. États-Unis d'Amérique, tarif douanier du 5 août 1909.

N° 416. La production, la consommation et les prix des divers métaux.

N° 417. Commission des Crises économiques, rapport présenté au nom de la Commission sur les indices des crises économiques.

N° 418. Rapport de la Commission supérieure du Travail sur l'application en 1908 des lois réglementant le travail.

N° 419. Rapport de M. le Ministre du Travail sur l'application de la loi du 9 avril 1898 et la situation des Sociétés d'assurances en 1908.

FÉDÉRATION DES INDUSTRIELS ET DES COMMERÇANTS FRANÇAIS. — M. le Secrétaire général communique à la Chambre Syndicale la brochure de la Fédération des Industriels et des Commerçants français sur le nouveau tarif américain et les intérêts français aux États-Unis.

BIBLIOGRAPHIE. — M. le Secrétaire général dépose sur le bureau de la Chambre Syndicale un exemplaire de l'Étude sur l'enseignement technique, industriel et commercial en France, publiée à l'occasion de l'Exposition de 1900, qui nous a été fourni, à notre demande, par le Ministère du Commerce et de l'Industrie.

M. le Secrétaire communique également à la Chambre Syndicale les numéros des 25 septembre, 16 et 23 octobre de la Chambre de Commerce de Paris.

COMMUNICATIONS DIVERSES. — Il est donné connaissance de la circulaire du 1er octobre 1909 de la Chambre Syndicale des Entrepreneurs d'électricité de Bordeaux.

Divers articles sont communiqués relativement aux mauvaises conséquences de la communalisation des services publics en Autriche.

Avant de lever la séance, M. le Président fait remarquer le bel éclairage de la nouvelle salle, dont nous sommes redevables à la Société Lacarrière.

Extrait du procès-verbal de la séance de la Commission Technique du 9 octobre 1909.

Présents : MM. Brylinski, président du Syndicat, présidant la séance ; Eschwège, président de la Commission; Benoist, Bitouzet, Buffet, Cousin, Daguerre, Drouin, Moret, Nicolini, Sée, Tainturier.

Absents excusés : MM. Paré, Roux et Fontaine.

RAPPORT DE M. IZART SUR LE CONTROLE ET L'AMÉLIORATION DU RENDEMENT DANS LES STATIONS CENTRALES. — La discussion de ce rapport est reportée à la prochaine séance de la Commission.

UNIFICATION DES PAS DE VIS ET CULOTS DE LAMPES A INCANDESCENCE. — La Commission prend connaissance des travaux du Congrès pour l'unification des pas de vis du gaz, auquel le Syndicat avait été convié à assister par le Syndicat des Industries du Gaz.

STÉRILISATION DES EAUX PAR LES RAYONS ULTRA-VIOLETS. — M. Tainturier informe la Commission que les expériences continuent à l'usine du Bas-Meudon.

UNIFICATION DU MATÉRIEL DE CANALISATION. — Sur la proposition de M. le Président, la Sous-Commission chargée des études relatives aux canalisations aériennes est également chargée du rapport sur les poteaux et isolateurs.

UNIFICATION DES PRISES DE COURANT. — M. Buffet préconise la constitution d'une Commission intersyndicale à laquelle serait soumis l'ensemble des desiderata. La Commission adopte cet avis et prie M. Buffet d'établir la liste des questions à poser à cette Commission intersyndicale dont la création sera ensuite proposée aux Syndicats intéressés.

LAMPES A FILAMENTS MÉTALLIQUES. — Les membres de la Commission s'entretiennent de l'emploi, au point de vue de l'éclairage public, des lampes à incandescence de 60 et 100 bougies, qui peuvent dans certains cas remplacer avantageusement des lampes à arc.

CHARGEMENT AUTOMATIQUE DES FOYERS. — La Commission examine la question des foyers soufflés, au sujet desquels d'intéressants renseignements sont fournis par MM. Nicolini et Sée. La question sera mise à l'ordre du jour de la prochaine séance.

Compte rendu bibliographique.

Il sera fait mention de tous les Ouvrages d'intérêt général relatifs aux Associations comme aussi de tous les Livres techniques utiles pour les applications du

courant électrique dont on fera parvenir deux exemplaires au Syndicat Professionnel des Usines d'Électricité.

Bibliographie.

1° Collection reliée des Bulletins des années 1896 à 1899 (Tome I).

2° Collection reliée des Bulletins des années 1900 et 1901 (Tome II).

3° Collection reliée des Bulletins des années 1902 et 1903 (Tome III).

4° Collection reliée des Bulletins de l'année 1904 (Tome IV).

5° Collection reliée des Bulletins de l'année 1905 (Tome V).

6° Collection reliée des Bulletins de l'année 1906 (Tome VI).

7° Collection reliée des Bulletins de l'année 1907 (Tome VII).

8° Loi et décrets du 9 avril 1898 sur les accidents du travail.

9° Loi du 22 mars 1902 complétant celle du 9 avril 1898 dont la connaissance doit être donnée aux ouvriers par l'affichage dans les ateliers. Il y a lieu pour les membres adhérents de se pourvoir d'affiches répondant à ces nécessités.

Selon les préférences, le Secrétariat peut remettre aux adhérents soit la loi du 22 mars 1902 isolée, soit la loi du 9 avril 1898 remaniée et mise au point. Cette deuxième affiche est plus chère que la première.

10° Circulaire ministérielle du 19 août 1895 : secours à donner aux personnes foudroyées (*courants continus*).

11° Circulaire ministérielle du 19 août 1895 : secours à donner aux personnes foudroyées (*courants alternatifs*).

12° Études sur l'administration et la comptabilité des usines électriques, par A.-C. Ray.

13° Instructions pour l'entretien et la vérification des compteurs, à courant continu et à courant alternatif.

14° Rapport de la Commission des Compteurs, présenté au nom de cette Commission, par M. Rocher, au Congrès du Syndicat, le 13 juin 1903 (document strictement personnel et confidentiel réservé aux seuls membres du Syndicat).

15° Rapport fait au nom de la Commission chargée d'examiner le projet de loi sur les distributions d'énergie, par M. A. Berthelot, député.

16° Projet de loi relatif aux usines hydrauliques sur les cours d'eau non navigables ni flottables, présenté au nom de M. Émile Loubet, Président de la République française, par M. Léon Mougeot, Ministre de l'Agriculture.

17° Projet de loi tendant à autoriser la Ville de Paris à emprunter une somme de 120 millions et à organiser le service du gaz, présenté au nom de M. Émile Loubet, Président de la République française, par M. E. Combes, Président du Conseil, Ministre de l'Intérieur et des Cultes.

18° Note sur la traction électrique des chemins de fer, par M. le Dr Tissot (Congrès du Syndicat, 1903).

19° Conférence de M. Chaumat sur la Télégraphie sans fil (Congrès du Syndicat, 1904).

20° Rapport fait au nom de la Commission de l'Administration générale, départementale et communale, des cultes et de la décentralisation, chargée d'examiner le projet de loi tendant à autoriser la Ville de Paris à emprunter une somme de 120 millions et à organiser le service du gaz, par M. Émile Morlot, député.

21° Renseignements et avis pour la Commission préfectorale chargée d'étudier le régime futur de l'électricité à Paris.

22° Procès-verbal de la séance du 24 octobre 1904 de la Commission d'organisation du régime futur de l'électricité à Paris.

23° Rapport de M. Ch. Prevet, sénateur, fait au nom de la Commission chargée d'examiner le projet de loi, adopté par la Chambre des Députés, tendant à autoriser la Ville de Paris à emprunter une somme de 120 millions et à organiser le service du gaz.

24° Proposition de loi présentée par M. Janet sur les distributions d'énergie.

25° Étude présentée par M. Lauriol, ingénieur en chef des services généraux d'éclairage, à la Sous-Commission du régime futur de l'Électricité à Paris, en date du 26 novembre 1904.

26° Note de M. Blondel, du 12 décembre 1904, et Note de la maison Brown-Boveri pour la Commission du régime futur de l'électricité à Paris.

27° Rejet par le Sénat de la régie du gaz à Paris (séances des 21 et 23 février 1905).

28° Loi du 9 avril 1898, modifiée le 31 mars 1905, concernant la responsabilité des accidents dont les ouvriers sont victimes dans leur travail.

29° Deuxième Rapport présenté par M. Morlot sur le projet de loi tendant à autoriser la Ville de Paris à emprunter une somme de 120 millions et à organiser le service du gaz.

30° Rapport de la Commission des Compteurs relatif aux réponses des constructeurs de compteurs aux desiderata qui leur ont été soumis par la Commission (réservé aux exploitants d'usines électriques).

31° Modèle type de bulletin de commande de compteurs.

32° Compte rendu *in extenso* des séances de la Chambre des Députés des 31 octobre, 6, 8, 10 et 13 novembre 1905 (la question du gaz à Paris).

33° Compte rendu *in extenso* de la séance du Sénat du 14 décembre 1905 (la question du gaz à Paris).

34° Compte rendu *in extenso* des séances du Conseil municipal des 15 et 31 décembre 1905 (la question du gaz à Paris).

35° Décret sur l'hygiène et la sécurité des travailleurs dans les établissements mettant en œuvre des courants électriques (affiches).

36° Loi sur les distributions d'énergie électrique, 15 juin 1906. (Brochure.)

(*Adresser les commandes à M. le Secrétaire général.*)

Liste des documents publiés dans le Bulletin à l'intention des membres du Syndicat Professionnel des Usines d'Électricité.

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

FORCE MOTRICE.

Les barrages à cylindres. — Nous avons déjà eu l'occasion de signaler ici l'emploi de gros cylindres métalliques creux et mobiles pour remplacer les vannes ordinaires des barrages. Ce système s'est surtout répandu en Allemagne et la *Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure* lui a récemment consacré un important article dont un résumé a été publié dans le *Bulletin des Ingénieurs civils de France* du 15 octobre dernier, auquel nous empruntons les renseignements suivants :

C'est au barrage de Schweinfurt, sur le Mein, que l'on a essayé, pour la première fois, de créer une retenue par un cylindre mobile en tôle. On a appliqué d'abord ce système, en 1902, à un pertuis de 18^m d'ouverture. Les bons résultats obtenus ont engagé à employer le même principe en 1903 pour le pertuis principal de ce barrage, dont l'ouverture est de 35^m. Ces barrages ont été construits par la Société Vereinigte Maschinenfabrik Augsburg und Maschinenbaugesellschaft Nürnberg, dont les ateliers sont à Gustavsburg, près de Mayence, et qui détient le brevet de ce système.

Depuis lors, la construction des barrages a pris un développement considérable; on peut en citer 9 en Allemagne, dont le plus grand a 30^m de portée, 1 en Autriche, 1 en Suisse, 1 en France, à Saint-Michel-sur-l'Arc, en Savoie, 1 en Italie, 1 en Finlande et 2 en Suède dont 1 de 32^m.

La partie essentielle de ces barrages consiste en un cylindre horizontal affectant la forme d'une chaudière à vapeur et fait de tôles à rivure étanche. Les extrémités du cylindre reposent dans des niches ménagées dans les bajoyers où, par une couronne dentée dont elles sont garnies, elles engrènent avec une crémaillère inclinée. Le cylindre est actionné par des câbles ou des chaînes Galle que commande un treuil.

L'expérience a démontré qu'il est inutile d'agir sur les deux extrémités du cylindre pour le relever. La résistance à la torsion est suffisante pour qu'on puisse se contenter de faire donner l'effort sur l'un des bouts. L'autre est cependant également muni d'une chaîne par mesure de sécurité. Si le barrage comporte plusieurs pertuis, les treuils peuvent être placés sur une pile.

Le cylindre ne doit pas nécessairement présenter une section circulaire. On varie la forme suivant les données du problème. Il suffit, pour la manœuvre, que les extrémités du cylindre présentent la forme voulue pour le mouvement de roulement.

Ce système de barrage se concilie avec les conditions les plus variées. On peut donner aux éléments du cylindre et du mécanisme les dimensions et la résistance nécessaires pour de grandes largeurs de pertuis et hauteurs de chute. L'application de ce système de barrages à de grandes dimensions n'est limitée que par des considérations d'économie.

Les avantages du barrage à cylindre sont les suivants : Il permet l'emploi de larges pertuis qu'il ouvre et ferme rapidement. Le charriage du gravier et des glaces ne peut l'affecter. Il est d'une construction durable et peu coûteux d'entretien. Il nécessite peu d'efforts dans la manœuvre.

L'élément le plus important de ce type de barrage est la chaîne de levage. Elle doit pouvoir fonctionner en toute circonstance, même s'il y a négligence du personnel ou surprise. On doit noter cependant que le levage du cylindre creux est facilité par l'élévation des eaux, ce qui n'a pas lieu dans les autres systèmes.

L'expérience n'a pas confirmé les craintes qu'on pouvait avoir au sujet des pertes d'eau sur le seuil et aux extrémités du cylindre. Cependant ce point doit être, dans ce système, l'objet de beaucoup de soin. Sur le seuil, l'étanchéité est généralement assurée par une fourrure en chêne garnissant le cylindre. Aux extrémités on doit éviter les pertes d'eau, non seulement lorsque le barrage repose sur le seuil, mais même quand il est levé de quelques centimètres, de façon que l'on puisse opérer une chasse par-dessous, en vue de nécessités, notamment en hiver, pour empêcher la formation de la glace. Pour assurer l'étanchéité contre les bajoyers, on munit l'extrémité du cylindre d'un gousset en tôle plate dont le bout est muni d'une fourrure en bois. La pression de l'eau applique celle-ci contre la maçonnerie.

Ce système vient d'être appliqué de nouveau sur le Neckar pour la construction d'un barrage situé à Neckarwestheim et destiné à fournir la force motrice à la Société Wurtembergischer Portlandzementwerk de Lauffen. Outre l'installation des turbines, l'écluse, la passe de flottage et l'échelle à poissons, ce barrage comprend trois pertuis de 28^m,60 d'ouverture chacun, fermés par des cylindres, et un pertuis de décharge de 8^m,30 de largeur, muni de vannes.

La hauteur de retenue du barrage est de 2^m,46. Le cylindre a 2^m,70 de diamètre. L'étanchéité du joint inférieur est assurée par une fourrure en bois et le long des bajoyers par un gousset avec garniture de bois. Les cylindres sont commandés du haut de la pile de gauche du pertuis. Chaque pile porte une cabine de manœuvre. Elles sont réunies entre elles et la rive par une passerelle métallique.

Le travail est calculé pour un effort normal de 24^t à exercer sur la chaîne de levage. Lorsque le cylindre repose sur le seuil, il ne faut qu'un effort de 8600^{kg} pour le soulever. Mais, lorsqu'il est hors de l'eau, l'effort nécessaire passe à 24^t. La différence entre ces deux forces représente une marge de sécurité suffisante pour le cas où le soulèvement au départ rencontrerait des résistances accidentelles.

Le treuil est actionné par un moteur électrique et muni d'un frein pour la descente du cylindre. La manœuvre de levage demande 3 minutes par mètre de

hauteur, ce qui exige un moteur de 10 chevaux. On peut aussi, en cas d'accident, faire la manœuvre à la main. Mais avec huit hommes il faut 24 minutes par mètre, sans compter les repos. La plus grande hauteur du barrage est de $9^m,14$ depuis la position de fermeture jusqu'au-dessus des plus basses eaux. Elle correspond à un peu plus d'une révolution complète du cylindre. Chaque cylindre d'une longueur de 30^m pèse 51^t. Les tôles ont 15^{mm} et 11^{mm} d'épaisseur.

Recherches sur le fonctionnement des injecteurs, d'après G. SCHRAUFF, de Cologne. Communication du Laboratoire des Machines de l'École supérieure technique de Dresde (*Revue de Mécanique*, t. XXV, 30 septembre 1909, p. 242-266). — Dans ces recherches, on s'est principalement préoccupé de déterminer aussi exactement que possible les conditions qui influent sur le rendement des injecteurs, c'est-à-dire sur le rapport de la quantité d'eau injectée à la quantité de vapeur dépensée.

L'eau, passant à travers l'injecteur en expérience, suivait un circuit fermé. Mais, pour que sa température à l'entrée restât toujours la même pendant tout le cours d'une expérience, on avait soin de la faire passer, à la sortie de l'injecteur, dans un serpentin refroidi par un courant d'eau froide, et assez long pour qu'elle prenne la température de l'eau de réfrigération. Un compteur à eau de Siemens et Halske, étalonné avant et après les essais principaux, faisait connaître la quantité d'eau

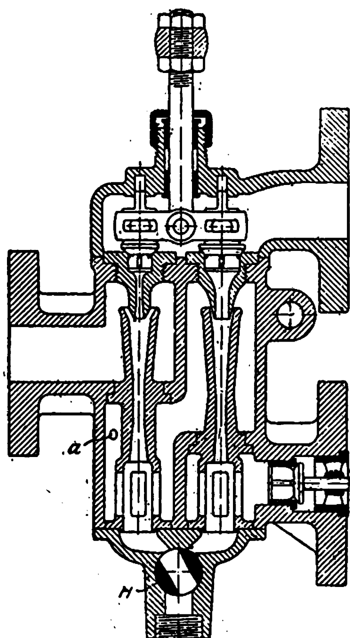


Fig. 1. — Injecteur Körting.

refoulée par l'injecteur. Des précautions étaient prises pour que, dans le circuit de l'eau, il ne s'introduisît pas d'air, lequel aurait faussé les indications du compteur.

La mesure de la quantité de vapeur dépensée dans une expérience était déterminée par l'augmentation du volume de l'eau circulant dans le circuit fermé contenant l'injecteur. Pour cela, ce circuit était pourvu d'un vase à trop-plein qui laissait écouler le volume d'eau complémentaire apporté par la condensation de la vapeur. Il suffisait dès lors de mesurer, à l'aide d'un récipient jaugé, le volume de l'eau écoulée pour en déduire le poids de la vapeur employée. Comme le compteur à eau, dont il a été question plus haut, donnait la quantité d'eau refoulée, il suffisait de retrancher de ses indications la quantité d'eau provenant de la condensation pour obtenir la quantité d'eau aspirée.

Des manomètres métalliques étalonnés et des manomètres à mercure permettaient d'avoir la pression de l'eau avant et après l'injecteur ainsi que la pression de la vapeur. La pression de l'eau refoulée était ramenée à la pression atmosphérique au moyen d'un détendeur à sa sortie du serpentin réfrigérant qui la ramenait à sa température initiale.

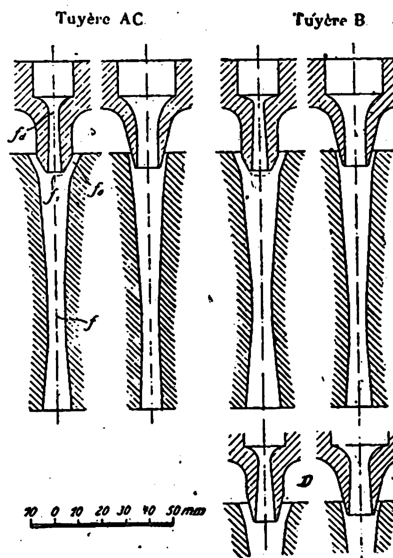


Fig. 2. — Tuyères diverses de l'injecteur Körting.

Des thermomètres, placés dans des cylindres métalliques pour les soustraire à l'action de la pression, étaient placés en divers points du circuit.

Les expériences ont porté sur un injecteur Körting et sur un injecteur Siemens. Le premier (*fig.* 1) est muni de deux tuyères disposées en série : l'eau est aspirée par la vapeur sortant de la première tuyère et est conduite par une buse de mélange devant l'orifice de la seconde tuyère qui produit l'augmentation de pression nécessaire pour faire passer l'eau dans la chaudière. Cet injecteur pouvait être muni de tuyères de formes différentes représentées en figure 2. Dans les essais, on employa successivement les tuyères AC et les tuyères B, mais on n'utilisa pas les tuyères D.

L'injecteur Siemens est montré par la figure 3. On voit

qu'il n'y a qu'une tuyère et que l'arrivée de vapeur est commandée par un robinet à pointeau; la pointe du robinet forme avec les parois de la tuyère une buse conique lorsque le robinet est ouvert, et la section de

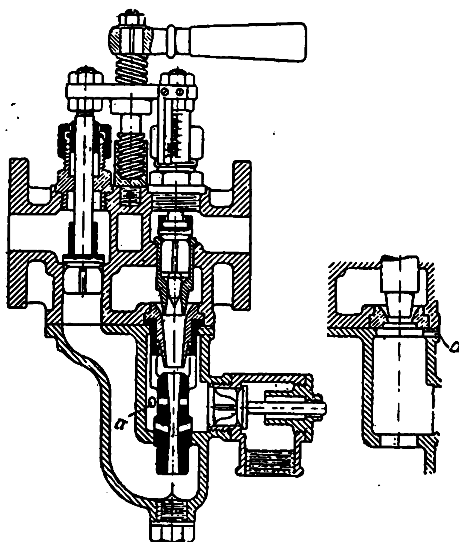


Fig. 3. — Injecteur Siemens.

cette buse varie avec la position du pointeau. Deux genres de tuyères, représentés par la figure 4, ont été essayés.

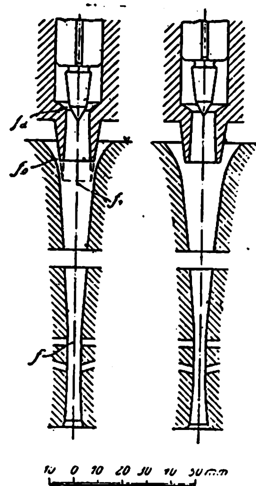


Fig. 4. — Tuyères diverses de l'injecteur Siemens.

Le fonctionnement d'un injecteur comprend trois phases caractéristiques : 1° l'eau d'alimentation afflue de la conduite d'alimentation par suite d'une dépression produite dans l'injecteur au moyen d'un étranglement de section là où cette eau pénètre en même temps que la vapeur; 2° la vapeur communique sa grande vitesse à l'eau, se mélange avec elle en se condensant partiellement et la refoule; 3° l'énergie cinétique du mélange se transforme en pression par suite de la condensation complète de la vapeur encore présente. Les essais ont porté sur ces trois phases.

Les résultats obtenus dans ces essais ont permis de contrôler l'exactitude de quelques formules théoriques que l'auteur établit dans sa Communication.

Ces formules permettent, tout au moins dans certaines conditions, de déterminer les formes qu'il convient de donner aux injecteurs pour obtenir le meilleur rendement. Malgré leur intérêt pratique, nous ne pouvons les reproduire ici et nous nous bornerons à indiquer les conclusions que l'auteur a tirées de ses résultats :

« On peut constater au moyen de ces considérations combien, dans chaque injecteur, un faible changement des conditions de travail influence le fonctionnement, de sorte que ce serait une faute de calculer un injecteur pour un cas déterminé. Il est surtout nécessaire, en parlant des limites des conditions de travail, de vérifier comment se comporte un injecteur dans le domaine pour lequel il est établi. Dans la construction des injecteurs les plus divers, on doit s'efforcer d'améliorer leur fonctionnement en faisant varier les sections pour l'afflux de vapeur et d'eau dans le cas de pressions et d'aspirations variables. Avant tout, on doit chercher à donner à un injecteur une forme qui le fasse le plus petit, le plus simple et le meilleur marché possible pour la plus grande quantité d'eau possible à refouler. »

Turbine à vapeur Bliss (*Iron Age*, 29 juillet 1909). — Cette nouvelle turbine, construite par la E. W. Bliss Company, de Brooklyn, est établie pour toutes puissances jusqu'à 1000 kilowatts et peut marcher par admission directe avec ou sans condensation, ou à l'aide de la vapeur d'échappement d'une machine voisine.

L'enveloppe de la turbine est en fonte. La vapeur admise à la périphérie chemine vers le centre et traverse les ailettes, sans retour possible en arrière. Le rotor est en acier; les ailettes y sont encastrées sur des sièges fraisés et sont séparées les unes des autres latéralement par des lames d'un alliage inoxydable, serrées par trois rondelles d'acier à la périphérie, lesquelles forment une surface de joint très lisse, avec un jeu latéral dans l'enveloppe de $1^{mm},58$ seulement.

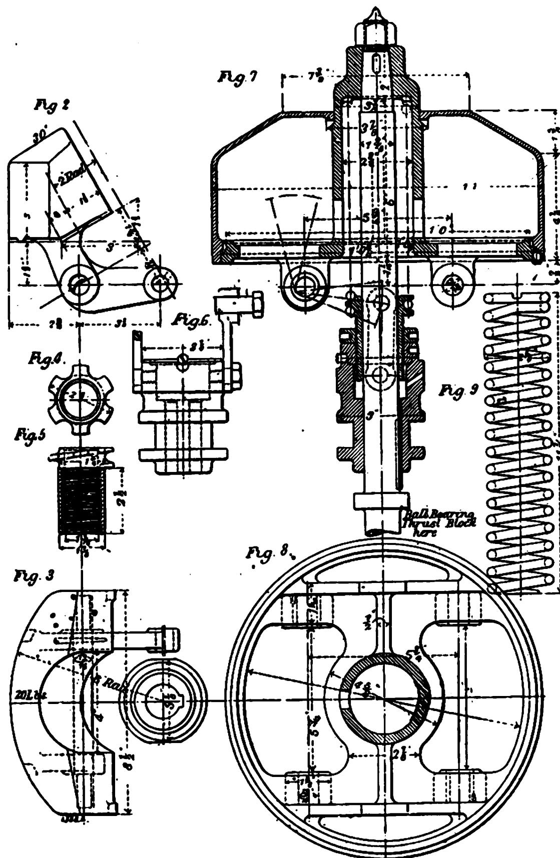
Dans la plupart des modèles, le rotor est monté en porte-à-faux à l'extrémité de l'arbre, sauf dans les turbines de grande puissance; le centre de gravité du rotor est à l'intérieur du palier qui est du type sphérique et a une grande surface d'appui. La lubrification se fait par un anneau cannelé, plongeant dans l'huile et qui, guidé et tournant par entraînement, remonte continuellement l'huile et la projette avec force entre l'arbre et le coussinet.

Le régulateur d'admission est du type centrifuge, monté à l'extrémité même et sur l'axe de l'arbre horizontal de la turbine; un deuxième régulateur de secours entre en action pour fermer complètement l'admission si la vitesse devient excessive.

Régulateur de Hall sans frottement. — Ce régulateur, construit par C. Winn et Cie, de Birmingham,

comprend, comme tous les appareils basés sur l'action de la force centrifuge, deux masses suspendues, se déplaçant à l'intérieur d'une coquille en acier afin d'éviter toute cause accidentelle pouvant entraver la marche de l'appareil.

Le modèle, dont nous donnons les dessins, est à ressort compensateur. Ce ressort central, dont on peut modifier la longueur et la tension, permet de faire varier la sensibilité du régulateur. Pour effectuer le réglage de la longueur du ressort, celui-ci vient se fixer par sa partie inférieure dans un collier se vissant lui-même dans l'appareil de commande de la fourchette.



Régulateur de Hall.

Les poids ont une masse suffisante pour pouvoir effectuer les mouvements de la valve d'admission. Ces poids reposent sur des couteaux et non sur des axes et reçoivent l'effort du ressort au moyen de bielles oscillant sur des couteaux semblables. Grâce à l'emploi de ces couteaux, les frottements sont rendus négligeables, et le régulateur devient très sensible. On peut appliquer ce régulateur à des cylindres ayant de $0^m,150$ à $0^m,725$ de diamètre.

Étude comparative des moteurs à gaz et des machines à vapeur pour 100 et 500 chevaux, par E. MATHOT (*La Technique moderne*, t. I, novembre 1909, p. 552-555). — Après quelques considérations générales sur les raisons qui ont fait adopter le moteur à gaz dans les installations industrielles d'une puissance inférieure à 100 chevaux et celles qui l'ont empêché de supplanter le moteur à vapeur demi-fixe ou fixe dans les installations de puissance supérieure, l'auteur fait le bilan des consommations et dépenses des deux sortes de moteurs. Il établit ensuite deux devis comparatifs des frais de premier établissement et d'exploitation, d'installation de 500 et 1000 chevaux, tire de la comparaison de ces devis quelques conclusions intéressantes et termine par quelques considérations sur les gazogènes.

CONSOMMATION DES MOTEURS A VAPEUR ET DES MOTEURS A GAZ. — La consommation de vapeur par cheval-heure effectif est évaluée par l'auteur comme il suit :

		20 chx	100 chx	500 chx	1000 chx
Machines fixes et chaudières indépendantes.	kilogrammes de vapeur..	18	8	5,5	5
	calories.....	11 700	5200	3575	3250
Machines semi-fixes.	kilogrammes de vapeur..	7	5	4	»
	calories.....	4450	3250	2600	»
Turbines.	kilogrammes de vapeur..	»	»	»	5
	calories.....	»	»	»	3250

La consommation par cheval-heure effectif d'un moteur à gaz est, pour toutes puissances, évaluée à

1500^l à 1800^l de gaz pauvre de 1300^{cal}, soit 2000^{cal} à 2400^{cal}.

La consommation de combustible peut être évaluée en partant des données suivantes : Une chaudière à vapeur produit de 7^{kg} à 9^{kg} de vapeur par kilogramme de charbon ; un gazogène par aspiration fournit 4^{m^3} à 5^{m^3} de gaz par kilogramme de charbon ; un gazogène soufflé produit $3^{m^3},2$ à 4^{m^3} de gaz par kilogramme de charbon y compris la dépense pour la production de la vapeur nécessaire au soufflage.

A ces chiffres correspondent pour 1000 calories : 170^g à 220^g de charbon dans le cas de la chaudière ; 150^g à 190^g de charbon dans le cas du gazogène à aspiration ; 190^g à 240^g dans le cas du gazogène sous pression.

DÉPENSE DE COMBUSTIBLE. — Dans la chaudière et le gazogène soufflé, on peut utiliser des charbons ordinaires d'un prix normal; dans le gazogène par aspiration, on doit généralement employer des houilles anthraciteuses coûtant de 30 à 40 pour 100 en plus. Toutefois, il faut ajouter que des efforts sont faits pour réaliser des gazogènes par aspiration brûlant du charbon ordinaire et que de bons résultats sont aujourd'hui obtenus.

Si l'on prend néanmoins deux prix différents pour le combustible, 20^{fr} la tonne pour les charbons ordinaires et 28^{fr} la tonne pour les charbons anthraciteux, les 1000^{cal} coûtent en moyenne :

$0^c,390$ pour les installations à vapeur;
$0^c,340$ pour les gazogènes par aspiration, charbon ordinaire;
$0^c,476$ pour les gazogènes par aspiration, charbon anthraciteux;
$0^c,430$ pour les gazogènes sous pression.

10....

De ces chiffres résultent les valeurs suivantes pour la dépense en centimes par cheval-heure effectif :

	Nombre de chevaux.			
	20.	100.	500.	1000.
	c	c	c	c
Machines fixes et chaudières indépendantes	4,56	2,03	1,39	1,27
Machines demi-fixes	1,87	1,27	1,01	»
Turbines à vapeur	»	»	»	1,27
Moteur à gaz, aspiration, charbon ordinaire	0,75 pour toutes puissances			
Moteur à gaz, aspiration, charbon anthraciteux	1,05		»	
Moteur à gaz, soufflage	0,95		»	

La dépense de combustible est donc moindre pour le moteur à gaz que pour le moteur à vapeur quelle que soit la puissance, sauf toutefois pour la puissance de 500 chevaux pour laquelle le moteur à vapeur demi-fixe donne lieu à une économie de 4 pour 100 sur le moteur à gaz avec gazogène à aspiration et charbon anthraciteux. Au delà de 500 chevaux, le moteur à gaz redevient supérieur comme économie au type de moteur à vapeur utilisable pour ces puissances. Si l'on fait le calcul des dépenses annuelles de combustible pour des installations de 1000 chevaux fournissant une puissance moyenne de 800 chevaux pendant 360 journées de 10 heures, on trouve :

	fr
Moteur à vapeur fixe 0,0127 × 800 × 300 × 10	30480
Moteur à gaz, aspiration, charbon ordinaire	18000
Moteur à gaz, aspiration, charbon anthraciteux	25200

Dans le cas le plus défavorable au moteur à gaz, l'économie est de 5480^{fr} à l'avantage de ce moteur. Pour beaucoup d'industriels, cette économie ne justifie même pas l'examen de l'hypothèse de l'installation d'un moteur à gaz ; ce n'est pas l'avis de M. Mathot.

FRAIS DE PREMIER ÉTABLISSEMENT ET D'EXPLOITATION D'UNE INSTALLATION DE 500 CHEVAUX. — Les frais de premier établissement sont :

1° Pour une machine à vapeur fixe et chaudières :

	fr
Machine à condensation, 120 t : m, pesant 30^t	35000
Fondations, accessoires, montage	10000
Deux chaudières de 100$^{m^2}$ de chauffe chacune	16000
Alimentation, accessoires et montage	2000
Maçonnerie, cheminée	12000
Total	75000

2° Pour un moteur à gaz et gazogène par aspiration :

	fr
Moteur 4 cylindres à simple effet, 170 t : m, pesant 50^t	55000
Pompe de circulation, tuyauterie, réfrigérant, compresseur, petit moteur, réservoir d'eau	10000
Frais de transport, montage, fondations, accessoires divers	10000
Deux gazogènes, scrubbers, épurateurs, raccordement	15000
Total	90000

Les frais d'exploitation pour une utilisation moyenne de 400 chevaux pendant 300 journées de 10 heures de travail sont :

1° Pour une machine à vapeur fixe et chaudières :

		fr
Intérêts et amortissement à raison de 10 pour 100 par an sur 75000^{fr}		7500
Entretien : 3 pour 100 de la valeur de la machine et des chaudières (51000^{fr})		1530
Personnel : 1 mécanicien à 1500^{fr}, 1 chauffeur à 1200^{fr}, 1 aide à 800^{fr}		3500
Combustible : 0^{fr},0139 × 400 × 300 × 10	16680	18348
10 pour 100 en plus pour allumage et entretien des feux	1668	
Huile de graisse		300
Imprévu et divers		322
		31500

2° Pour un moteur à gaz et gazogènes par aspiration :

Intérêts et amortissement à raison de 13 pour 100 par an sur 90000^{fr}		11700^{fr}
Entretien : 4 pour 100 de la valeur du moteur et des gazogènes		2800
Personnel : 1 mécanicien à 1500^{fr}, 1 aide à 900^{fr}		2400
Combustible : 0,0105 × 400 × 300 × 10	12600^{fr}	13230
5 pour 100 en plus pour allumage et entretien des feux	630	
Graissage		400
Imprévus et divers		470
		31000
Cette somme serait réduite à		27100

en prenant du charbon ordinaire et arrondissant la somme allouée aux imprévus et divers.

FRAIS DE PREMIER ÉTABLISSEMENT ET D'EXPLOITATION D'UNE INSTALLATION DE 1000 CHEVAUX. — Les frais de premier établissement sont évalués à :

1° Pour une machine à vapeur fixe et chaudières

	fr
Machine compound, 100 t : m, 60^t	65000
Fondations, accessoires, etc.	18000
Trois chaudières	24000
Alimentation, accessoires, etc.	4000
Maçonnerie, cheminée	16000
	127000

2° Pour moteur à gaz pauvre et gazogène par aspiration :

	fr
Moteur à gaz, 2 cylindres double effet, 160 t : m, 80^t	105000
Pompes de circulation, etc	15000
Transport, montage, etc	20000
Deux gazogènes de 500 chevaux, scrubbers, etc.	25000
	165000

Les frais d'exploitation pour une utilisation moyenne de 800 chevaux pendant 300 journées de 10 heures de travail seront :

1° Pour une machine à vapeur fixe et chaudières :

	fr
Intérêts et amortissement : 10 pour 100 sur 127000^{fr}	12700
Entretien : 3 pour 100 sur 89000^{fr}	2670
Personnel : 1 mécanicien, 2 chauffeurs, 1 aide	4300
Combustible, 30480^{fr} + 10 pour 100	33528
Huile et graisse	600
Imprévus et divers	602
	54400

2° Pour un moteur à gaz et gazogènes par aspiration :

	fr
Intérêts et amortissement : 13 pour 100 sur 165 000^{fr}.	21 450
Entretien : 4 pour 100 sur 130 000^{fr}..............	5 200
Personnel : 1 mécanicien, 1 aide.................	2 500
Combustible < 25 200^{fr} + 5 pour 100..............	26 460
Graissage.......................................	800
Imprévus et divers.............................	590
	57 000
Cette somme serait réduite à................... en prenant du charbon ordinaire.	49 400

On voit que malgré un prix d'installation plus grand et des frais d'entretien plus élevés le moteur à gaz resterait cependant supérieur à la machine à vapeur fixe, à la condition d'être alimenté par un gazogène utilisant les charbons ordinaires à prix normaux. Toutefois, l'écart entre les frais d'exploitation resterait encore trop faible pour que le moteur à gaz acquière une prépondérance incontestable.

Progrès a réaliser. — En vue d'augmenter cet écart, il faudrait que le prix de revient du moteur à gaz diminue et que la perfection de sa construction soit suffisante pour qu'il puisse être amorti et entretenu dans les mêmes conditions que la machine à vapeur, c'est-à-dire à raison de 10 pour 100 au lieu de 13 pour 100 par an.

Pour obtenir ce résultat, il faudrait, suivant M. Mathot, que les constructeurs modifient leur méthode de travail; entreprendre la fabrication en série de types bien déterminés, au lieu de se borner à exécuter quelques exemplaires d'un modèle qu'ils s'acharnent à changer constamment; simplifier les dispositions mécaniques; « américaniser » en quelque sorte les moteurs en supprimant toute complication et tout luxe inutile.

Une diminution de prix des gazogènes par aspiration devrait également être réalisée, et M. Mathot pense qu'on peut y parvenir en diminuant leurs dimensions qu'il estime être généralement trop grandes. D'après des considérations exposées par lui dans son *Manuel pratique des moteurs à gaz et gazogènes,* il conviendrait que la section de la cuve à hauteur de la zone incandescente soit au minimum de 5$^{cm^2}$ à 6$^{cm^2}$ par cheval, mais ne dépasse pas 18$^{cm^2}$ à 20$^{cm^2}$. Or beaucoup de constructeurs adoptent des sections bien plus grandes. Güldner propose 57$^{cm^2}$, Haeder 55$^{cm^2}$ à 45$^{cm^2}$ jusqu'à 30 chevaux et 45$^{cm^2}$ à 35$^{cm^2}$ au delà, Haensgen 49$^{cm^2}$, Thornycroft 46$^{cm^2}$.

Conclusion. — « En résumé, il résulte des considérations qui précèdent que les moteurs à gaz alimentés au moyen de gazogènes par aspiration fonctionnant avec des charbons anthraciteux d'un prix relativement élevé ne sont pas encore en mesure de s'imposer en offrant des avantages importants par rapport à ceux des machines à vapeur perfectionnées et économiques pour les puissances supérieures à 400 et 500 chevaux.

» Leur supériorité ne se manifestera d'une façon évidente qu'à partir du moment où le problème de l'utilisation des charbons quelconques dans les gazogènes sera résolu et lorsque le prix de construction de ces appareils et des moteurs aura diminué.

» Pour le moment, la prépondérance reste acquise, pour les grandes puissances, à la machine à vapeur fixe, et pour les puissances moyennes, à la machine demi-fixe qui donne des résultats économiques réellement remarquables. »

TRANSFORMATION.

Commutatrice de 800 kilowatts (*Elektrotechnische Zeitschrift,* t. XXX, 30 septembre 1909, p. 929). — L'usine d'électricité de Bochum a installé dernièrement une commutatrice de 800 kilowatts; les figures 1 et 2 en montrent les dispositions principales. La machine possède 20 pôles et tourne à une vitesse de 300 tours avec une fréquence de 50 périodes par seconde.

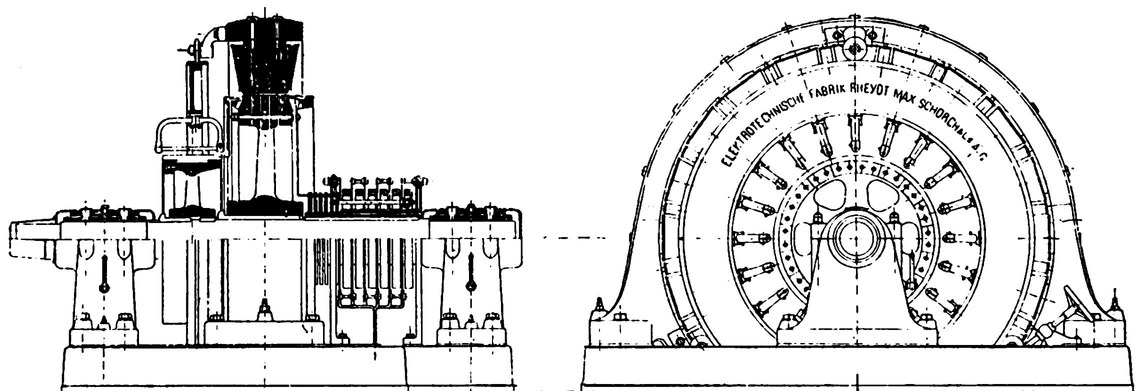
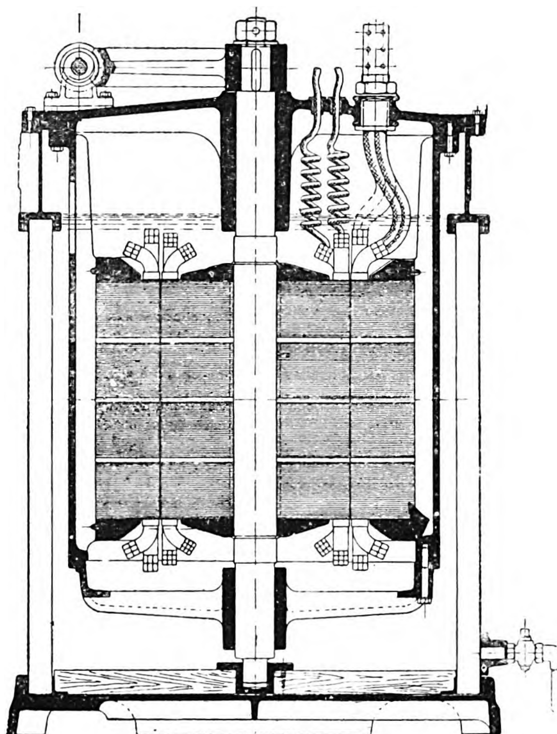


Fig. 1 et 2. — Coupes longitudinale et transversale de la commutatrice de Bochum de 800 kilowatts.

L'induit est bobiné pour six phases afin de réduire le plus possible les pertes dans le cuivre; l'enroulement est en tambour en parallèle. Le diamètre extérieur du fer de l'induit est égal à 1900^{mm} avec une largeur brute de 280^{mm}; le fer est partagé en cinq parties par quatre canaux de ventilation de chacun 15^{mm} de largeur.

Le collecteur a un diamètre de 1100^{mm}, une largeur de 360^{mm} et une vitesse circonférencielle de 17,30 m : sec.

Les pièces polaires sont munies d'amortisseurs Hutin et Leblanc afin de diminuer le mouvement pendulaire



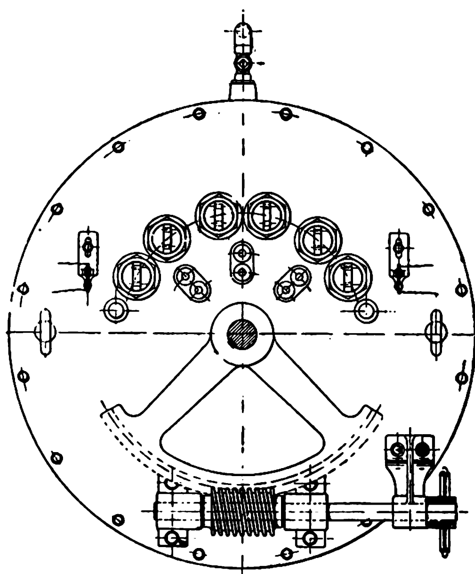


Fig. 3 et 4. — Régulateur d'induction.

de l'armature; chacune des pièces polaires porte 7 barres de cuivre de 7^{mm} de diamètre.

Les six anneaux d'amenée de courant ont une largeur de 50^{mm} et sur chacun d'eux frottent 7 balais de cuivre.

La tension primaire du courant d'alimentation est de 10000 volts abaissée à 190 volts à l'aide de transformateurs, et la commutatrice fournit du courant continu sous une tension de 220 volts. Cette tension peut être réglée à volonté entre 220 et 270 volts, à l'aide d'un régulateur d'induction.

Ce régulateur, montré en coupe et en plan par les figures 3 et 4, ressemble à un moteur d'induction à axe vertical, dont le rotor peut être déplacé d'un certain angle au moyen d'une vis sans fin et d'un secteur denté.

Les enroulements du stator sont intercalés dans la ligne d'alimentation de la commutatrice; les enroulements du rotor sont, au contraire, alimentés sous la tension totale. Le champ tournant créé par les enroulements du rotor induit dans les enroulements du stator une tension constante dont la phase peut être décalée à volonté par rapport à la phase des courants d'alimentation, en modifiant la position du rotor.

Le régulateur est plongé dans l'huile et la position du rotor est modifiée depuis le tableau à l'aide d'un moteur.

Le stator a un diamètre extérieur de 670^{mm}; il a 24 encoches contenant chacune 3 câbles de $17^{mm} \times 8^{mm},5$. Le rotor a un diamètre de $378^{mm},5$; ses 36 encoches contiennent chacune 3 câbles de $12^{mm} \times 7^{mm}$. Le fer est partagé en quatre parties par 3 canaux de refroidissement de chacun 10^{mm} de largeur; l'entrefer a une épaisseur de $0^{mm},75$. E. B.

Transformateur pour 500 000 volts, par STERN (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXX, 14 octobre 1909). — Ce transformateur est du type Kern avec enroulements concentriques; sa puissance est de 50 kilovolts-ampères pour un courant de fréquence 50.

Les deux bobines de la basse tension, montées directement sur l'armature, peuvent être alimentées chacune sous une tension de 1040 volts. L'enroulement à haute tension, séparé du premier par des cylindres isolants, se compose de 28 bobines par noyau. Chaque bobine à haute tension comporte 377 spires, de façon à obtenir une différence de potentiel d'environ 9000 volts entre les extrémités de l'enroulement et une chute de tension de 24 volts entre 2 spires voisines. Suivant que les deux bobines de la basse tension sont réunies en parallèle ou en série, le rapport de transformation est $\frac{2080}{500000}$ ou $\frac{1040}{500000}$.

L'établissement des câbles de connexion de la haute tension a nécessité des soins particuliers. Ils partent du dessous des bobines de haute tension pour aboutir à environ 2^{m} au-dessus de la caisse à huile; ils sont isolés au moyen d'isolateurs en bois et en presspalm de $2^{m},60$ de hauteur.

La caisse à huile, de $1^{m},90$ de large, $3^{m},05$ de long et d'une hauteur, sans les isolateurs, de $2^{m},50$, contient 8000^{kg} de liquide. Le poids total de l'appareil est de 13000^{kg}.

Un tel transformateur peut donner des étincelles de $1^{m},30$ de long.

USINES GÉNÉRATRICES.

Usine hydraulique de la Verzasca. — Le développement considérable qu'a pris la ville de Lugano pendant ces dernières années a nécessité l'installation d'une usine électrique spéciale utilisant l'énergie hydraulique de la Verzasca. La prise d'eau se trouve à Vogorno, l'usine à Gordola. Le courant de haute tension est transformé en courant de basse tension dans une station transformatrice située à Massagno, au-dessus et non loin de Lugano.

Le barrage est en maçonnerie; il est muni d'une écluse principale, d'un déversoir, de grilles grosses et fines pour retenir les graviers. Du barrage, un court canal, longeant le lit de la rivière, conduit à la galerie qui possède une longueur d'environ $7^{km},5$. Ce canal est creusé dans le rocher et bétonné seulement par endroits. La galerie est partiellement en viaduc, sous la forme d'un canal en béton armé. La section de la galerie est circulaire; celle des viaducs est tantôt carrée, tantôt circulaire.

La partie hydraulique de l'usine électrique a été installée par la Société A. G. der Maschinenfabrik von Th. Bell und Cie. Dans la chambre de mise en charge située à l'extrémité de la galerie se trouve un déversoir, de sorte que, en cas d'arrêt brusque dans la conduite forcée, l'énergie de l'eau de la conduite peut être détournée par ce déversoir sans refoulement appréciable du niveau de l'eau.

Il suffit seulement d'une surface relativement faible pour la chambre de mise en charge. Dans celle-ci se trouvent deux vannes pour les conduites et une vanne de déversoir.

Les glissières des premières sont munies de pièces de bronze assurant une fermeture hermétique. Les arbres élévateurs de ces vannes sont aussi garnis de tube de laiton, afin d'éviter la formation de rouille et d'augmenter la sécurité de manœuvre. En dehors de la chambre de mise en charge est disposée une fermeture automatique de la conduite à un endroit facilement accessible. La conduite se ferme ainsi automatiquement dès que la quantité d'eau qui y passe devient supérieure de 10 pour 100 à celle qui correspond à la pleine charge, ce qui arriverait dans le cas d'une rupture de tube. La chambre de mise en charge est disposée pour recevoir deux conduites forcées. Une seule a été installée pour commencer. Cette conduite a 800^{mm} de diamètre et $669^{m},37$ de longueur d'axe. En plan, l'axe est rectiligne, c'est-à-dire qu'il ne possède aucun angle horizontal.

Dans chacune des neuf parties rectilignes de la conduite est disposé un manchon d'expansion qui empêche la conduite de se déformer sous l'influence des variations de température et qui permet en outre au tube une extension d'environ 20^{cm} dans le but de remplacer les joints.

Chaque tube repose d'une part sur des massifs en béton aux points d'angle et d'autre part sur des piliers tubulaires maçonnés. Les massifs en béton doivent être établis avec un soin tout particulier. Il y a en effet à considérer comme efforts agissant sur ces points fixes les composantes du poids du tube, de la pression de l'eau, et le frottement sur les appuis dû à l'expansion du tube.

La conduite est constituée de tubes de tôle rivés ayant chacun $8^{m},2$ de longueur et en moyenne 782^{mm} de largeur intérieure. Elle est divisée en neuf zones de pression. L'épaisseur de la tôle varie de 5^{mm} pour la zone supérieure, à 18^{mm} pour la zone inférieure soumise à la pression de 26^{atm}.

Les brides en anneaux d'acier laminé sans soudure sont munies d'un joint breveté, système Bell et Cie.

Par ces brides qui sont noyées dans les massifs en béton, on peut remplacer les cordes de garniture au moyen d'anneaux de tension démontables en trois parties. Les rivetages sont simples, doubles ou triples, selon l'épaisseur de la paroi. La perte de frottement de cette conduite est, en exploitation, pour une vitesse moyenne de $2^{m},2$ par seconde, de 11^{m}, soit 4,1 pour 100 de la chute totale.

A l'extrémité de la conduite, à l'usine, est disposée une soupape de réglage qui a pour but de permettre d'entreprendre de petites réparations aux coulisses des conduites de distribution sans vider toute la conduite. Avec cette disposition, il est possible, comme un essai l'a montré, de décharger complètement l'usine en quelques secondes. Les trois tubes de branchement pour les turbines excitatrices sont munis de distributeurs de construction ordinaire.

L'usine entièrement installée renfermera six groupes générateurs de chacun 1000 chevaux et deux groupes excitateurs de 125 chevaux chacun. On a monté en premier lieu deux groupes générateurs et les deux groupes d'excitation, et l'on monte actuellement un troisième groupe générateur.

Les figures 1 et 2 représentent des coupes longitudinale et transversale de l'usine de Gordola.

Les turbines génératrices de 1000 chevaux sont calculées pour 260^{m} de hauteur de chute; elles tournent à 500 tours par minute. Leur construction est très simple; elles ne possèdent aucun palier spécial et sont disposées sur l'arbre prolongé de la génératrice. On obtient ainsi une économie de place et l'on évite les accouplements élastiques qui sont coûteux. Comme l'arrivée de l'eau sur la roue à aube se fait verticalement de bas en haut, elle diminue l'action de la pesanteur, amoindrit les frottements sur les paliers et par cela favorise le rendement de la turbine. Les aubes, en forme de cuillère, sont en fer fondu et sans nervure centrale. Deux forts anneaux augmentent la solidité de la couronne d'aubes, de sorte qu'on a encore quadruple sécurité contre la rupture en doublant le nombre de tours.

Le régulateur automatique de vitesse et de pression est du système Bell. Le piston de la soupape de réglage du régulateur de vitesse, de même que son piston de distribution, sont graissés à l'huile sous pression. Toutes les parties métalliques fonctionnant dans l'eau sous pression, telles que piston de servomoteur, tourillon, tiroir, etc., sont graissées automatiquement à la graisse consistante au moyen d'une presse différencielle.

Les courbes des figures 3 à 8 se rapportent aux essais de réception. Des résultats particulièrement remar-

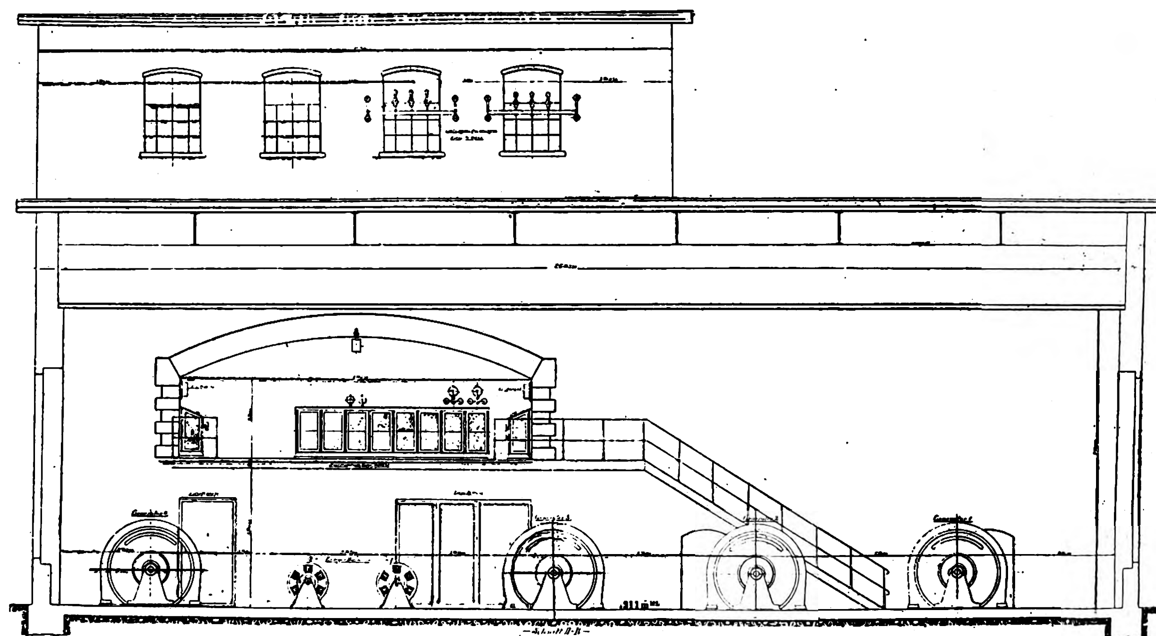


Fig. 1. — Coupe longitudinale de l'usine hydraulique de la Verzasca.

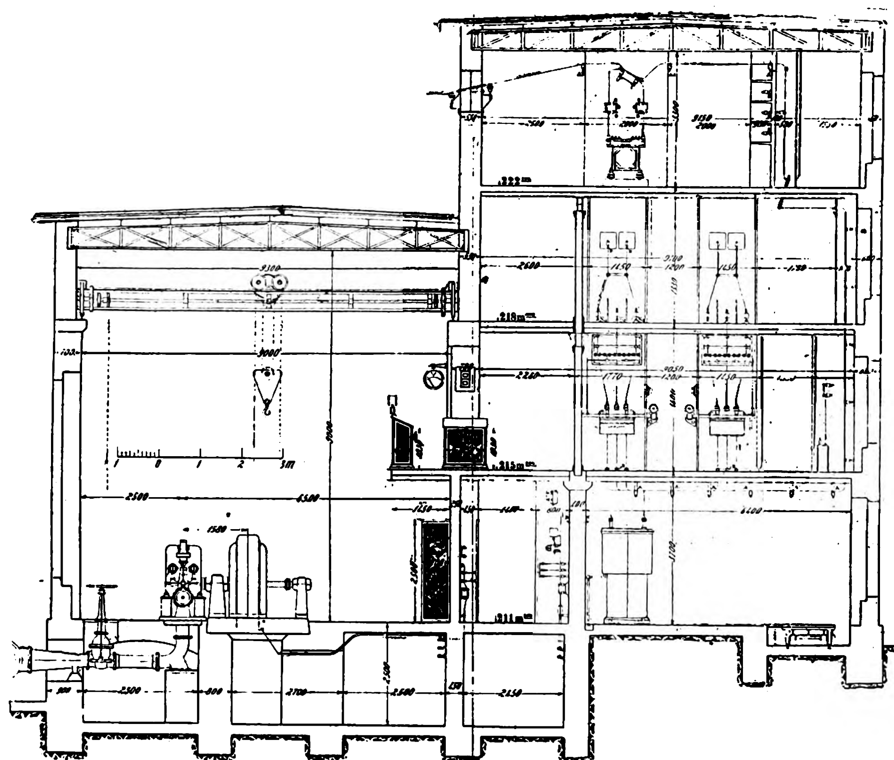


Fig. 2. — Coupe transversale de l'usine hydraulique de la Verzasca.

quables sont donnés par le régulateur de pression et de vitesse. Ainsi, par exemple, en déchargeant brusquement de 1000 chevaux la turbine, par la manœuvre de l'interrupteur, la vitesse ne s'accroît que de 4,2 pour 100 au-dessus de la vitesse moyenne, tandis que la pression dans la conduite forcée ne devient supérieure que de 4 pour 100 à la pression statique. Le temps d'action du servomoteur n'était que de 0,8 seconde et, après 9 secondes, la vitesse normale était rétablie.

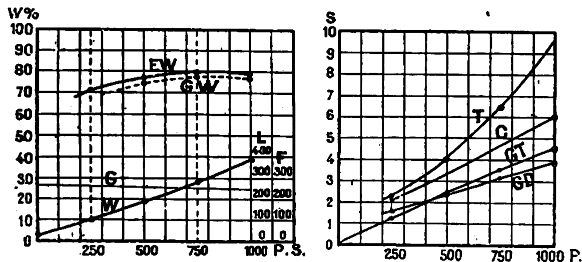


Fig. 3. Fig 4.

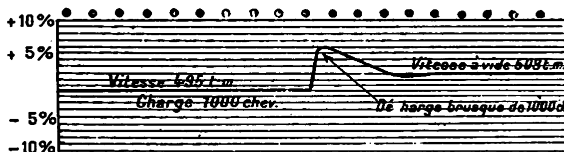


Fig. 5.

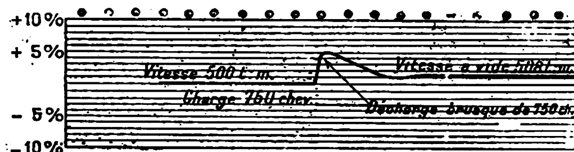


Fig. 6.

Dans les diagrammes des figures 5 à 8, la turbine fonctionnant respectivement à 1000, 750, 500 et 250 chevaux est déchargée brusquement. Les courbes indiquent

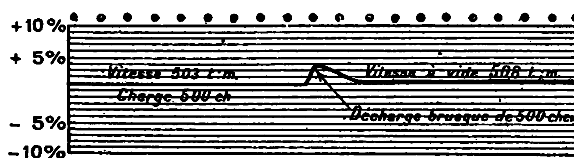


Fig. 7.

en pour 100 les variations de vitesse. Les points noirs représentent une seconde par division.

La figure 3 montre la variation en fonction de la charge des turbines en chevaux (PS) : du rendement obtenu (EW) et du rendement garanti (GW) en pour 100; de la quantité d'eau (W) en litres par seconde (L); de la hauteur de chute (G) en mètres (F).

En figure 4, on a représenté l'augmentation en pour 100 (S) en fonction d'une décharge brusque en chevaux (PS): du nombre de tours garanti (T) et de celui mesuré (GT); de la pression garantie (D) et de celle mesurée (GD).

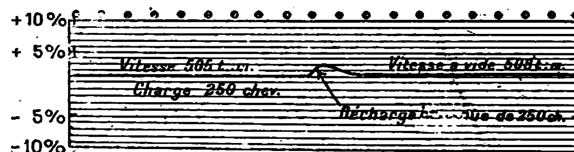


Fig. 8

Les turbines d'excitation de 125 chevaux et 1000 tours par minute sont montées comme les turbines à haute pression avec régulateur automatique de vitesse, mais sans régulateur de pression.

Le matériel électrique a été fourni en partie (transformateurs) par la fabrique Maschinenfabrik Œrlikon et en partie (génératrices, appareillage, etc.) par la Société Brown, Boveri et C[ie] de Baden.

Les génératrices des groupes principaux sont à courant alternatif triphasé; elles donnent une tension de 4200 volts et fonctionnent à 50 périodes par seconde. Pour un $\cos\varphi = 0,75$, elles ont une puissance de 920 kilowatts. Elles sont montées avec deux paliers et graisseurs à bague.

A charge complète sur résistance inductive

$$(\cos\varphi = 0,75)$$

la température de régime atteint 45° C. au-dessus de la température ambiante. La surcharge peut être de 25 à 30 pour 100 pendant 30 minutes et de 10 à 15 pour 100 pendant 2 heures.

Les caractéristiques de ces génératrices sont données en figure 9. En abscisses on a porté l'intensité d'excitation et en ordonnées, les ampères (A) et les volts (V). La courbe K est relative au courant de court-circuit. Les courbes L, V_1 et V_2 se rapportent respectivement aux marches à vide, en pleine charge avec $\cos\varphi = 1$ et en pleine charge avec $\cos\varphi = 0,75$. N représente la tension normale 4200 volts.

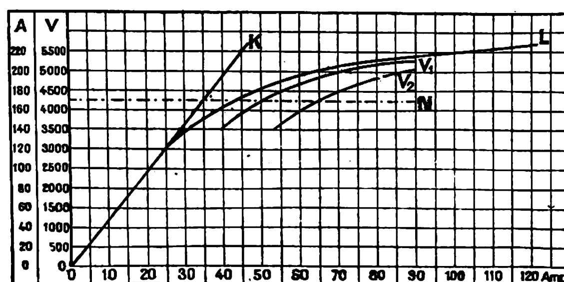


Fig. 9.

La figure 10 représente la variation du rendement en pour 100 en fonction de la charge B en pour 100, pour

$\cos\varphi = 1$ et pour $\cos\varphi = 0,75$. Sur cette même figure on a tracé les courbes des pertes en kilowatts : dans le fer (E), dans le cuivre pour $\cos\varphi = 0,75 (K_1)$, dans le

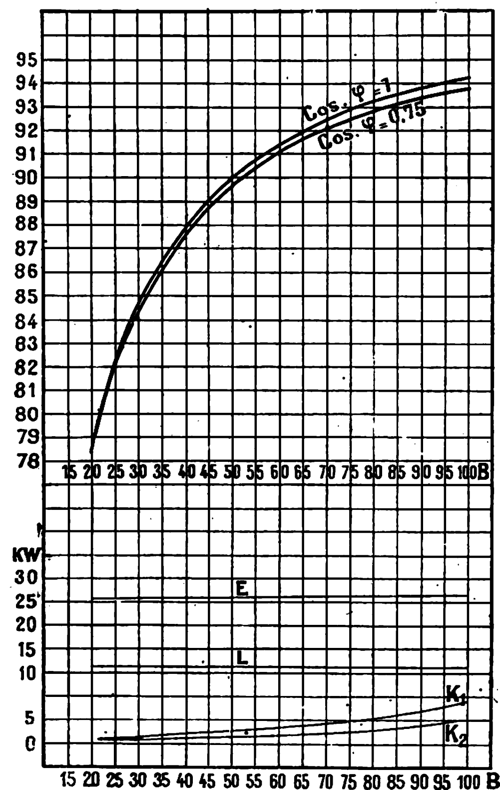


Fig. 10.

cuivre pour $\cos\varphi = 1 (K_2)$, par frottements et résistance de l'air (L). Les dépenses d'excitation ne sont pas comprises dans l'évaluation du rendement.

Les excitatrices accouplées directement aux turbines de 125 chevaux sont des machines shunt de 82,5 kilowatts, tournant à 1000 tours par minute et donnant 660 ampères sous 125 volts. Elles peuvent supporter une surcharge de 25 pour 100 pendant 30 minutes ou de 10 pour 100 pendant 2 heures. Le rendement est de 0,89 à pleine charge et de 0,87 à demi-charge.

Dans la salle des machines se trouve aussi un survolteur composé d'un moteur shunt à courant continu, de 9 chevaux, actionnant directement à l'aide d'un accouplement élastique une dynamo shunt à courant continu donnant sans variation de vitesse de 0 à 55 volts et une intensité de 50 ampères sous 55 volts. Ce groupe permet d'assurer la charge d'une batterie d'accumulateurs de 68 éléments qui sert de réserve pour l'alimentation de l'excitation des alternateurs.

Au départ de l'usine, la tension est élevée à 25000 volts, puis abaissée de nouveau à 3600 volts à la station transformatrice de Massagno.

Dans l'usine génératrice de Gordola, le tableau des machines et des lignes est placé sur une plate-forme disposée longitudinalement dans la salle des machines. Les appareils à courant continu sont montés sous cette plate-forme. Cette installation comprend deux tableaux de batterie avec disjoncteurs automatiques à maxima et à minima, des résistances et des coupe-circuits. A côté de ceux-ci se trouvent les tableaux d'excitatrices avec disjoncteurs automatiques, rhéostats de champ et régulateurs du courant principal envoyé à la plate-forme de service. Au-dessous de celle-ci et derrière les tableaux à courant continu sont placées les barres générales d'excitation permettant la commutation des régulateurs de courant principal d'un générateur sur les autres. Dans le même but, des interrupteurs sont montés entre les barres générales et les câbles venant des tableaux de champ.

Les barres générales à 4200 volts permettent de brancher un générateur quelconque sur n'importe quel transformateur.

Pour chaque génératrice on a prévu des interrupteurs de barres générales, ampèremètres et wattmètres, ainsi que des transformateurs pour ces instruments. Derrière cette série d'appareils est le local des transformateurs qui contient trois transformateurs du type décrit plus loin.

La plate-forme de service reçoit plusieurs pupitres de distribution. Ceux-ci sont remarquables par leur faible encombrement.

Le pupitre principal est celui des génératrices. Il possède au milieu, entre les panneaux des génératrices, quatre panneaux pour le départ des conducteurs.

Chaque panneau de génératrice comprend un voltmètre et un ampèremètre. A côté se trouvent les lampes témoins, le disjoncteur à huile avec boutons correspondants. On a prévu aussi un commutateur de voltmètre de phase pour la mise en parallèle des génératrices.

L'ampèremètre et le voltmètre d'excitation, le wattmètre et les lampes de phase sont fixés sur une colonne. Sur le côté avant du pupitre se trouve la manœuvre des régulateurs de courant principal qui peuvent être actionnés séparément ou simultanément. Dans ce dernier cas, on se sert d'un volant qui se trouve dans un des deux panneaux du milieu. Sur le côté arrière du pupitre sont montés les relais des disjoncteurs automatiques.

Les panneaux de départ des conducteurs renferment chacun trois ampèremètres, deux lampes-témoins avec interrupteurs correspondants, les clefs pour essai de terre. Le voltmètre et le commutateur servant à cet essai sont placés dans le panneau voisin, avec les résistances de lampes.

Les excitatrices et la batterie ont un pupitre particulier. Le pupitre d'excitatrice possède deux panneaux dont chacun est équipé avec un ampèremètre, voltmètre, volant pour le régulateur du courant d'excitation, disjoncteur à huile avec boutons pour manœuvre à la main. Au-dessus du pupitre se trouve un wattmètre enregistreur pour les conducteurs de départ. Le pupitre de batterie sert aussi au survolteur. Comme instruments de mesure, on a prévu pour la batterie un voltmètre et un ampèremètre, ce dernier étant à deux sens (charge et décharge). Pour le survolteur on dis-

pose d'un voltmètre et d'un ampèremètre pour mesurer le courant de la dynamo et d'un ampèremètre pour la mesure du courant du moteur.

Un commutateur de voltmètre permet de mesurer la tension de charge et de décharge de la batterie et la tension du survolteur.

Deux boutons servent à actionner le réducteur de la batterie. La paroi d'avant du pupitre porte les deux volants qui actionnent les disjoncteurs à huile, celui de démarrage du moteur et celui d'excitation du survolteur.

En arrière, la plate-forme de service est fermée par une série de cellules. Les deux premiers groupes de cellules comprennent chacun un transformateur et un panneau de départ des conducteurs. Chaque panneau de transformateur renferme un interrupteur à huile de 25000 volts, avec verrouillage magnétique et verrouillage de porte. Les interrupteurs sont actionnés par des moteurs placés derrière les cellules et commandés du pupitre principal.

Le panneau des conducteurs de départ contient également un interrupteur à huile, de 25000 volts, actionné par un moteur; il renferme en outre des transformateurs pour trois ampèremètres du pupitre principal et pour les wattmètres, de même qu'un interrupteur qui est relié au verrouillage de la porte.

Dans le milieu de la série de cellules se trouve le panneau d'essais de terre. Celui-ci renferme trois transformateurs de mesure de 25000/42 volts avec l'interrupteur à huile pour l'essai de terre, actionné électriquement du pupitre principal.

Le panneau pour les résistances est situé à côté de ce dernier. Ce sont des résistances à eau consistant en tubes de porcelaine dans lesquels l'eau coule de bas en haut. Ici se trouve aussi un interrupteur également relié d'une manière rigide au verrouillage de la porte.

La série de cellules qui vient d'être décrite est prévue provisoirement uniquement pour l'éclairage. Derrière elle est une deuxième série pour les moteurs, comme on le voit sur les coupes de l'usine de Gordola représentées en figures 1 et 2. Cette série comprend deux compartiments pour les conducteurs de départ renfermant les interrupteurs à huile et disjoncteurs, ainsi que les transformateurs pour compteurs et ampèremètres. Les deux transformateurs de mesure avec les trois coupe-circuits correspondants des wattmètres de réglage se trouvent dans un compartiment séparé adossé au mur d'arrière du bâtiment.

L'étage supérieur forme la salle des barres collectrices. Ces barres sont placées dans des compartiments qui s'étendent sur toute la longueur de la salle et sont ouverts au-dessus.

Pour pouvoir subdiviser toute l'installation et isoler complètement certaines parties, on a monté dans les barres de nombreux interrupteurs de sections. On a prévu deux séries de barres correspondant aux deux exploitations : éclairage et moteurs.

Sur le front de cette salle se trouve un compartiment dans lequel est monté le transformateur de mesure avec coupe-circuits correspondants pour le voltmètre général de toute l'installation. Ce voltmètre est placé sur une colonne spéciale en fonte.

A l'étage supérieur se trouve la salle des parafoudres pour les conducteurs de départ. Chaque compartiment contient trois interrupteurs et parafoudres Wurz. Dans les compartiments voisins se trouvent les barres de compensation pour les conducteurs. Pour le départ de ceux-ci, on adopte les mêmes dispositions que dans la sous-station transformatrice de Massagno.

La ligne à haute tension entre Gordola et Massagno a une longueur de 25^{km}. Elle comprend six fils de 5^{mm} de diamètre, les conducteurs de lumière étant séparés de ceux de force motrice. On fait usage actuellement de poteaux en bois de 10^{m} à 16^{m} de hauteur. Tous les 2^{km} on monte sur les conducteurs des parafoudres à cornes Siemens. La canalisation entière est divisée en quatre sections au moyen d'interrupteurs à cornes du système Sprecher et Schuh de Aarau.

La traversée du Tessin se fait à l'aide de poteaux en treillis écartés de 75^{m}.

Pour celle du Vedeggio, on utilise des poteaux doubles en bois écartés de 60^{m}.

Les conducteurs à haute tension entrent dans la sous-station de Massagno (*fig.* 11 et 12) par l'étage supérieur. Avant l'entrée sont montés des interrupteurs à cornes système Sprecher et Schuh. L'arrivée se fait au moyen de tubes de verre. Les conducteurs entrent dans des compartiments où sont installés des parafoudres Wurz. Dans ces compartiments, au-dessus des parafoudres, se trouvent les interrupteurs de section.

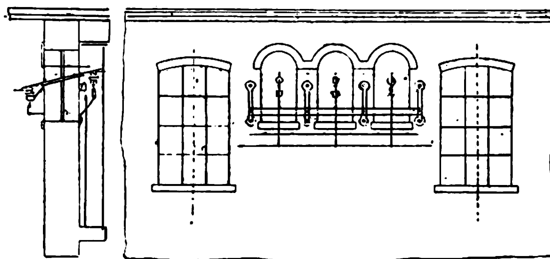


Fig. 11. Fig. 12.

Des parafoudres, les conducteurs descendent au premier étage. Là se trouvent les tableaux secondaires à 3600 volts, desquels les conducteurs remontent à l'étage supérieur où se trouvent également des parafoudres pour les lignes à 3600 volts. Ces parafoudres possèdent des résistances en charbon et sont réglables. Ils peuvent aussi être mis hors de circuit au moyen d'interrupteurs de section. Les départs des conducteurs à 3600 volts, qui ont 8^{mm} de diamètre, se font de la même manière que ceux à 25000 volts.

Dans le deuxième étage sont placées les barres générales à 25000 et à 3600 volts. Ces barres sont en relation avec les transformateurs par des conducteurs dans le circuit desquels sont montés les interrupteurs principaux. Des interrupteurs à haute tension sont disposés également entre les lignes d'arrivée et les barres. Ces barres courent le long de compartiments horizontaux

et les conducteurs qui y aboutissent arrivent par des compartiments verticaux. Comme dans l'usine génératrice, il y a les barres d'éclairage et celles de force motrice.

L'éclairage de la sous-station transformatrice est assuré par un transformateur de 6 kilowatts, placé dans ce même étage, et qui abaisse la tension de 3600 volts à 2 × 120 volts.

Le premier étage est réservé aux appareils de manœuvre des deux hautes tensions. Tous les appareils sont groupés dans des cellules complètement fermées à l'aide de portes en tôle. Dans chaque groupe de cellules se trouve en haut un interrupteur qui peut être actionné si le courant a été interrompu par le disjoncteur à huile. L'interrupteur est relié avec le verrouillage de la porte et celui-ci avec le disjoncteur à huile, de telle sorte que la fermeture du circuit ne peut pas se faire tant que la porte n'est pas fermée. Le disjoncteur à huile qui se trouve sous l'interrupteur tripolaire est actionné automatiquement par un relais à maxima. Cependant on peut faire la manœuvre de l'extérieur à l'aide d'un levier à main comme au moyen d'un bouton. Au-dessus du levier à main sont montés le relais et trois ampèremètres.

Dans l'étage inférieur de la station sont placés trois transformateurs de 850 kilowatts chacun, abaissant la tension de 23 900 à 3730 volts, et refroidis par circulation d'eau. Ils sont munis d'un signal acoustique qui résonne dès que la température dépasse une limite déterminée. La figure 13 montre en coupes un transformateur de 850 kilovolts-ampères. De Massagno, les deux canalisations à 3600 volts conduisent à Lugano éloignée de 2km et débouchent en trois points différents du réseau circulaire de celle-ci. Ce réseau est en partie aérien et en partie souterrain; de même les canalisations reliant celui-ci aux sous-stations de transformation sont en partie aériennes et en partie souterraines.

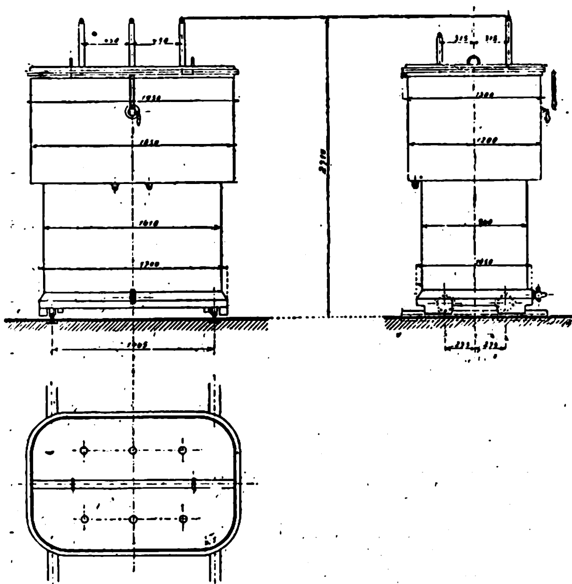


Fig. 13. — Coupes d'un transformateur de 850 kilovolts-amp.

Il y a actuellement 14 sous-stations de transformation. Les dispositifs sont les mêmes que ceux décrits précédemment. Douze des sous-stations renferment deux transformateurs de 100 kilowatts; les deux autres possèdent chacune deux transformateurs de 50 kilowatts.

La distribution dans la ville se fait à 3 × 120 volts au moyen de conducteurs aériens. L. J.

Usine hydraulique de l'Akersand, près de Viège (Valais). — Cette usine, qui appartient à la Société des Usines électriques de la Lonza, a été inaugurée le 9 octobre dernier, en même temps que la nouvelle fabrique électrochimique qu'elle est chargée d'alimenter.

La force motrice est fournie par les eaux de la Viège de Saas, captées en aval de Balen, à l'altitude de 1455m. Un canal d'amenée, en tunnel, de 11km,500, dirige les eaux à la chambre d'eau d'où partent trois conduites en acier, l'une de 700mm, l'autre de 500mm de diamètre. Le débit est de 4 m³ : s; la hauteur de chute de 730m; la puissance disponible de 30 000 chevaux environ. Les travaux hydrauliques ont été exécutés sous la direction de M. Boucher, ingénieur-conseil à Lausanne, qui s'est fait une spécialité de l'aménagement des hautes chutes.

L'usine a été construite pour recevoir 5 groupes électrogènes de 5500 à 7000 chevaux; un groupe est actuellement en fonctionnement, le second en montage. Les alternateurs fournissent des courants triphasés directement sous la tension de 15 500 volts à la vitesse angulaire de 500 t : m. Ils sont fournis par les usines Siemens-Schuckert.

La ligne qui réunit l'usine à la fabrique électrochimique située à Viège a une longueur de 6km,3. Elle est supportée par des pylônes en fer encastrés dans des fondations en béton; ces pylônes peuvent supporter 12 fils de cuivre de 14mm de diamètre qui permettront de transmettre la puissance de 30 000 chevaux que fournira l'usine lorsqu'elle sera achevée.

Sur l'équipement des usines génératrices à gaz de haut fourneau ou de four à coke (*Bulletin de la Société belge d'Électriciens,* novembre 1909, p. 710). — La question de l'utilisation des gaz des hauts fourneaux et des fours à coke, l'une des plus importantes qu'aient eu à résoudre les métallurgistes, peut recevoir deux solutions : par l'emploi de machines à vapeur et au moyen de moteurs à combustion interne.

Les machines à vapeur, ayant un rendement thermique relativement bas, ne permettent qu'une récupération imparfaite de l'énergie que représentent les gaz disponibles. En outre, les chaudières qu'elles exigent augmentent l'emplacement nécessaire et le prix d'établissement. Tout compte fait, les moteurs à combustion interne sont plus avantageux et les installations de ce genre se sont considérablement multipliées pendant ces dernières années.

Certaines machines utilisées dans l'exploitation des fours à coke et des hauts fourneaux, celles qui sont

à marche irréversible, peuvent être directement actionnées par les moteurs à gaz; mais ceux-ci ne conviennent que moins bien pour la commande des laminoirs, par exemple.

Indépendamment de cela, dans la plupart des cas, on préfère recourir à l'intermédiaire de la transmission électrique, pour l'ensemble des appareils, parce que les machines primaires, plus compliquées et d'un service plus délicat que les moteurs électriques, sont alors réunies pour former une installation centrale. Cette concentration peut d'ailleurs procurer une meilleure utilisation des appareils et donner un rendement final supérieur.

On peut actuellement disposer, pour le montage d'installation de cette espèce, de moteurs à combustion interne atteignant une puissance de 2500 chevaux effectifs. C'est à cette limite qu'on se tient pour la génératrice électrique, qu'elle soit à courant continu ou à courant alternatif. Il serait toutefois possible de combiner deux moteurs à gaz pour actionner une génératrice de puissance double; mais les meilleurs constructeurs estiment que cette façon de procéder n'est pas recommandable, car, nonobstant l'économie d'emplacement et de frais d'installation qu'elle procure, elle présente plusieurs inconvénients dont l'un est de conduire à l'emploi de groupes de réserve plus puissants qu'il convient; aussi, presque toutes les installations à gaz de haut fourneau ou de four à coke existantes comprennent-elles un grand nombre de petits ou de moyens groupes électrogènes.

Dans le calcul des équipements des usines à moteurs à gaz, on doit tenir compte de certaines conditions particulières.

D'une façon générale, on considère qu'il est de bonne pratique que les générateurs électriques aient une capacité de surcharge de 25 pour 100 pendant une demi-heure. Or, les moteurs à gaz ne peuvent être surchargés de plus de 5 pour 100. Pour que les dynamos soient convenablement utilisées, il est donc nécessaire de les prendre d'une capacité nominale légèrement inférieure, de 5 pour 100 par exemple, à celle des moteurs. Alors si N est la puissance nominale du moteur en chevaux, η le rendement de la dynamo (approximativement 0,94), KW la puissance nominale de celle-ci en kilowatts, on a, dans le cas du courant continu,

$$KW = 0{,}95 \times N \times \eta \times 0{,}736 = 0{,}66 N.$$

Pour des machines à courant alternatif, KVA étant la capacité normale en kilowolts-ampères, on aurait

$$KVA = 0{,}66 N : \cos\varphi,$$

$\cos\varphi$ pouvant généralement être estimé d'après la pratique acquise.

Dans le dernier cas dont il s'agit, il y a lieu de considérer que la vitesse des machines ne peut être quelconque; elle dépend effectivement de la fréquence adoptée, 50 p : s le plus souvent, et du nombre de pôles.

Les vitesses angulaires les plus courantes sont de 83,5, 94, 100, 107, 125 et 150 t : m, et il faut que le volant soit capable d'éviter des irrégularités de plus de 1 : 250.

Cette condition ne suffit point, toutefois : l'expérience a fait voir que le moment GD^2 ainsi calculé peut ne pas empêcher les mouvements pendulaires initiaux qui tendent à se produire par l'effet des impulsions périodiques du moteur lorsque ces mouvements sont en résonance avec ceux de la dynamo. A défaut de corriger cette défectuosité, on est exposé à ne pouvoir faire marcher les alternateurs en parallèle.

L'étude approfondie de ces phénomènes a permis de fixer mathématiquement les valeurs les plus favorables du GD^2, pour une capacité normale, au nombre de tours et une périodicité donnés, lorsqu'on connaît le système de moteur employé, et moyennant de se conformer également à la formule de Leblanc.

Le réglage doit encore satisfaire aux desiderata suivants : 1° pour une variation de charge de $\pm 25°$, la variation de vitesse, par rapport à la moyenne, doit être de 2 pour 100 au maximum; 2° entre la marche à vide et la pleine charge, elle ne doit pas dépasser 5 pour 100; 3° en passage brusque de la pleine charge à la marche à vide, le moteur ne peut s'emballer. En outre, le régulateur doit permettre un réglage à la main, en marche, de ± 5 pour 100. Marchant à vide, les machines ne doivent pas être sujettes à des oscillations supérieures à 1 pour 100.

Les différences essentielles qui existent entre la dynamo à courant continu et l'alternateur influent considérablement sur la construction de l'ensemble. Il n'est pas facile, dans le cas de la dynamo, de réaliser un induit qui ait un moment d'inertie suffisant pour assurer la régularité de vitesse requise. Pour arriver à ce résultat, il faudrait donner à cet induit un diamètre qui exigerait qu'on le fît en plusieurs parties; cela aurait des inconvénients au point de vue de la construction et du montage, qu'on ne pourrait faire précéder des essais d'atelier ordinaires. Le seul remède efficace est de monter sur l'arbre de l'induit, établi alors suivant les principes courants, un volant de dimensions appropriées.

Cette difficulté n'existe pas avec les alternateurs. On emploie habituellement, en effet, des générateurs triphasés à inducteur tournant, dont la forme correspond très sensiblement à celle d'un volant et qu'on peut dès lors facilement employer comme tel. Soit que l'inducteur tourne à l'intérieur de l'induit, soit que, par une construction spéciale, on le place à l'extérieur, enveloppant en quelque sorte l'induit, la construction est toujours simple. Il n'y a jamais d'inconvénient, au surplus, à fractionner l'induit, puisqu'il ne comporte pas de collecteur.

Le système à inducteur tournant extérieur a été particulièrement étudié par l'Allgemeine Elektricitats Gesellschaft, qui a fourni des machines de ce genre aux usines Krüpp, à la Skinningrove Iron Company, du Yorkshire, aux Gutehoffnungshütte, du Rhin, à la Société Rhonia, de Ruhrort, à la Société franco-russe, de Saint-Pétersbourg, etc., pour des puissances de 400 à 1200 kilovolts-ampères.

TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE.

TÉLÉPHONIE.

Nouvelles installations téléphoniques de Paris, par H.-E.-A. ANDRÉ (*Bulletin de la Société internationale des Électriciens,* 3e série, t. IX, p. 335-397, juin 1909). — Après un aperçu général sur le système téléphonique à batterie centrale, l'auteur décrit l'application qui a été faite de ce système dans les locaux provisoires édifiés dans l'une des cours de l'Hôtel des Postes après l'incendie qui, en septembre 1908, détruisit le bureau central téléphonique de Gutenberg. A ce propos, M. André indique comment les travaux ont été conduits, d'une part par l'Administration des Téléphones, d'autre part, par la Société de matériel téléphonique (G. Aboilard et Cie) et par la Compagnie Thomson-Houston. Puis vient une comparaison entre

Fig. 1. — Ensemble d'une ligne d'abonné L reliée aux postes d'abonnés A et B et au répartiteur d'entrée C du bureau central multiple.

le développement de la téléphonie dans les grandes villes des États-Unis et son développement dans Paris. Cette comparaison est nécessairement tout en faveur des grands réseaux téléphoniques américains, ce qui procure à l'auteur de s'étendre longuement sur les raisons techniques et commerciales qui ont amené le développement extraordinaire de la téléphonie aux États-Unis. En terminant, M. André exprime son opinion sur l'état actuel des systèmes téléphoniques automatiques.

Nous ne retiendrons ici que la partie de la communication relative aux installations provisoires du bureau de Gutenberg; nous reproduisons plus loin celle qui est relative aux autocommutateurs téléphoniques.

Installations du bureau provisoire de Gutenberg. — Les figures 1, 2 et 3 donnent les schémas de ces installations à batterie centrale.

Description de la ligne d'abonné. — La figure 1 montre l'ensemble d'une ligne d'abonné L reliée, d'une part, aux postes d'abonnés A et B, et, d'autre part, au côté vertical du répartiteur d'entrée C du bureau central multiple.

Les têtes de câbles situées sur le côté vertical du répartiteur d'entrée C représentent les lignes extérieures, tandis que le côté horizontal de ce répartiteur représente les lignes intérieures L_1 du bureau central. C'est donc au répartiteur d'entrée C que s'effectue, au moyen de fils jarretières doubles incombustibles, le raccordement des lignes L et L_1. Le but du répartiteur d'entrée est de permettre d'effectuer toutes les permutations et combinaisons voulues entre les deux espèces de ligne L et L_1. Ainsi, par exemple, si un abonné déménage, ou si sa ligne devient impraticable, il devra être raccordé à une nouvelle ligne extérieure L. Au moyen d'un nouveau fil jarretière on relie la nouvelle ligne L à l'ancienne ligne L_1 pour permettre à cet abonné de conserver le même numéro dans l'annuaire des abonnés. C'est donc grâce au répartiteur d'entrée qu'on peut conserver aux abonnés leurs numéros d'abonnement immuables, chose à laquelle ils tiennent essentiellement.

Le numéro de la ligne intérieure L_1 est donné par le numéro des jacks généraux D auxquels cette ligne L_1 est raccordée d'une façon immuable en passant par les attaches triples du côté horizontal du répartiteur intermédiaire E dont les attaches quadruples du côté vertical sont reliées d'une part au jack local ou individuel F, à la lampe d'appel G de 24 volts, et, d'autre part, au relais de coupure H de 30 ohms et au relais d'appel I à deux enroulements de 1000 ohms. Un des enroulements de 1000 ohms du relais d'appel est relié à la terre (ou retour commun) et l'autre au pôle libre de la batterie centrale de 24 volts J.

Il est à remarquer que les fils jarretières ignifuges triples servant à relier entre eux le côté vertical et le côté horizontal du répartiteur intermédiaire permettent de relier la ligne intérieure immuable L_1 à tel groupe de jack local F, lampe d'appel G et relais H et I qu'on désire. Le but du répartiteur intermédiaire est de permettre de répartir les lignes L parmi les jacks locaux de façon à donner à chaque opératrice un travail égal. Si l'un des organes F, G, H et I était mis hors de service, rien ne serait plus facile (au moyen du répartiteur intermédiaire) que de raccorder, avec un nouveau fil jarretière ignifugé triple, la ligne L_1 à un nouveau groupe *disponible* d'organes F, G, H, I.

L'utilité du répartiteur intermédiaire est donc : 1° de permettre le nivellement du travail en le répartissant équitablement entre les diverses opératrices de départ; 2° de donner au service d'exploitation toutes les facilités pour la distribution des lignes; 3° de parer aux défectuosités qui pourraient se manifester.

Les Américains, dans le but de faciliter le travail d'entr'aide (ce qu'ils appellent le *team work*), réservent à chaque ligne d'abonné plusieurs séries d'organes locaux supplémentaires F et G, de la figure 1, qu'ils répartissent dans les groupes de départ placés dans le voisinage de celui de ces groupes qui est normalement réservé à cet abonné. Il en résulte que, si l'opératrice de ce dernier groupe est momentanément débordée par un surcroît de travail, les opératrices voisines peuvent, en son lieu et place, répondre à l'appel de cet abonné. C'est grâce à ce service d'entr'aide admirablement bien organisé que les Américains sont arrivés à réaliser le service extraordinairement rapide qui fait leur principal succès.

Il est à remarquer qu'un relais pilote K se trouve intercalé entre la lampe G et le pôle libre de la batterie centrale de 24 volts J. Ce relais pilote à faible résistance est commun à un certain nombre de lampes G, mettons à cinquante de ces lampes. L'armature du relais pilote K commande une lampe pilote M située bien en vue pour faciliter le service des surveillantes. La lampe d'appel G associée directement au jack local F offre sur l'ancien système des annonciateurs à volets des avantages tels que son adoption seule permet d'augmenter de 25 pour 100 environ le rendement du travail de la téléphoniste. Cette lampe G joue de plus le rôle d'indicateur destiné à signaler automatiquement et instantanément tout dérangement survenant sur la ligne, ce qui, au point de vue de l'entretien du réseau, constitue un avantage considérable sur l'ancien système où ces dérangements n'étaient connus que s'ils étaient signalés par l'abonné mis dans l'impossibilité de se servir de sa ligne ou par un service spécial chargé de l'inspection des lignes du réseau.

Le compteur N est destiné à marquer le nombre de communications d'un abonné. Il est raccordé d'une façon permanente au troisième fil de test de la ligne intérieure immuable L_1. De cette façon, si l'on change la ligne extérieure L, ou les organes locaux F, G, H, I, il n'y a pas à craindre qu'une erreur puisse se commettre dans le comptage du nombre de communications de l'abonné, puisque son compteur n'est nullement affecté par ces mutations et qu'il représente l'abonné auquel il a été destiné.

Postes d'abonnés. — Les postes d'abonnés A et B (*fig.* 1) sont supposés être reliés à la même ligne L : ce serait le cas d'une ligne partagée entre deux abonnés. Le partage de la ligne entre plusieurs abonnés est très fréquent en Amérique et en d'autres pays, pour consentir des abonnements réduits à certains abonnés communiquant très peu. En France, le partage des lignes se pratiquait jadis, mais actuellement on ne tolère plus qu'un seul abonné par ligne. Les deux postes A et B de la figure 1 sont très différents. Le type A est actuellement celui qui, à Paris, a été provisoirement imposé dans la période transitoire entre l'ancien système et le nouveau; il représente les postes anciens modèles *transformés* pour s'adapter à la batterie centrale d'appel et de fin de communication. Dans le poste A la pile *a* du transmetteur *b* a été maintenue, puisque, jusqu'à nouvel ordre, on continue à se servir des anciens transmetteurs *b* et des anciens récepteurs *c* qui appartiennent aux abonnés.

Avec le poste A l'abonné possède déjà certains avantages de la batterie centrale, tels que l'automatisme de

l'appel et de la fin de communication. Il suffit, en effet, pour appeler le bureau central, de décrocher le récepteur et, pour donner le signal de fin, de raccrocher ce récepteur. La sonnerie d'appel *d* de l'abonné reste en permanence avec un condensateur *e* en shunt sur la ligne L, de sorte que ce poste A peut être appelé du bureau central de la même façon qu'un poste américain. En décrochant son récepteur, l'abonné A fait un appel du courant de la batterie centrale J dont le circuit se ferme par le relais d'appel I, les contacts de repos du relais à rupture H, la ligne L_1, le répartiteur d'entrée C, la ligne L, les récepteurs *c* et le circuit secondaire de la bobine d'induction *f*. Les récepteurs *c* doivent être orientés dans ce circuit de façon que le courant de la batterie centrale ne tende pas à les désaimanter. Il s'agit donc, pour ce genre de montage, de prêter une attention toute spéciale à ce que les récepteurs soient montés dans le sens voulu, même par les mécaniciens chargés de l'entretien de ces appareils.

En décrochant son récepteur, l'abonné A ferme en même temps le circuit primaire de sa pile locale *a*. Le bon fonctionnement du transmetteur *b* est lié *au bon état d'entretien* de la pile *a*, et c'est surtout à cause de cette considération que le poste A est inférieur au poste B.

Il faudrait de plus que la tension de la pile *a* fût appropriée au type de microphone *b* dont certains modèles, pour produire leur maximum d'effet, exigent des piles de 4 à 16 volts environ, alors que d'autres microphones ne demandent qu'un seul volt environ. Or, comme à Paris le nombre de modèles de microphones est très considérable (une centaine environ), il en résulte une quasi-impossibilité de traiter chaque microphone comme il conviendrait de le faire. L'Administration, par économie, ne place à chacun des postes qu'une seule pile sèche ayant (*lorsqu'elle est neuve*) 1,45 volt et 70 ampères-heure environ. Il en résulte que les microphones à faible résistance sont favorisés au détriment des microphones à forte résistance du genre Solid Back. Suivant M. André, cette circonstance est d'autant plus regrettable que le progrès semble, à certains égards, consister précisément à donner aux microphones la plus grande résistance possible, afin que ces variations de résistance, sous l'influence de la voix, puissent prendre de grandes amplitudes et augmenter proportionnellement l'énergie des ondes phoniques transmises.

Si tous les abonnés faisaient de leurs postes téléphoniques un usage à peu près équivalent, on pourrait calculer à peu près la durée de vie des piles locales *a*; malheureusement cet usage est tout ce qu'il y a de plus variable, abusif chez les uns, presque nul chez les autres. Il en résulte donc pour l'Administration une nouvelle difficulté, celle d'apprécier le moment où la pile *a* de l'abonné doit être renouvelée avant son total épuisement. On admet en général que la tension de la pile ne peut descendre en dessous de 0,9 volt.

Le poste B est monté conformément aux derniers perfectionnements de l'art et permet de retirer de la batterie centrale tous les avantages qu'elle peut procurer à un réseau à grand trafic.

On peut remarquer en passant que le poste B est plus simple que le poste A, puisqu'il ne comporte ni pile locale *a* ni ligne locale L_2, et que, de plus, son crochet commutateur *g* est plus simple que celui du poste A.

Au point de vue de la protection contre les courants forts, le poste B est supérieur au poste A. Il n'y a donc aucun doute que, par la force des choses, à l'avenir tous les postes A seront remplacés par des postes B, c'est-à-dire par des postes à batterie centrale intégrale qui ont, non seulement une supériorité technique, mais qui ont, de plus, l'avantage d'être beaucoup plus économiques au point de vue de l'entretien. Ces postes B résolvent de plus le problème de la répartition équitable de l'énergie électrique entre tous les abonnés quels qu'ils soient, puisque tous sont servis par la même batterie centrale.

Relais d'appel. — Les avantages des deux enroulements de 1000 ohms du relais d'appel I sont les suivants :

1° Réduction du courant de la batterie centrale pour assurer le fonctionnement des appels;

2° Réduction du courant de la batterie centrale au cas où une ligne est à la terre ou défectueuse au point de vue de l'isolement;

3° Réduction de l'inconvénient du clic produit dans le récepteur de l'abonné lorsque la téléphoniste, en répondant à son appel, rompt ce circuit d'appel; cette réduction du clic résulte du fait que le courant d'appel a une intensité très minime;

4° En cas de court-circuit au delà des 2000 ohms, tout danger d'incendie est écarté;

5° La résistance du relais d'appel étant de beaucoup supérieure à celle de la ligne extérieure, elle tend à rendre le fonctionnement de ce relais indépendant des variations de résistance de cette ligne extérieure;

6° La grande résistance du relais d'appel I permet de lui donner le maximum de sensibilité requis pour le bon fonctionnement du réseau;

7° La grande résistance du relais I permet également de réduire au minimum les courants qui pourraient provenir du contact de la ligne L avec une source de courant extérieure et de réduire ainsi les dangers de propagation du feu à l'intérieur du bureau.

Circuit simplifié de deux abonnés mis en communication. — Le circuit simplifié de deux abonnés mis en communication par une paire de cordons d'un groupe de départ du bureau *à batterie centrale intégrale* est schématiquement représenté sur la figure 2. Les deux postes d'abonnés A et A_1 sont représentés avec leurs récepteurs décrochés, c'est-à-dire avec le circuit de la batterie centrale B fermé au travers des transmetteurs *a* et a_1 de ces postes et des relais de supervision *b* et b_1 qui leur correspondent au bureau central, de sorte qu'il est aisé de constater que, pendant toute la durée de la conversation des deux abonnés A et A_1, les deux lampes de supervision *c* et c_1 resteront éteintes, puisqu'elles sont shuntées par leurs bobines de 40 ohms tant que les relais *b* et b_1 restent excités.

Une première constatation est que, pendant cette période de la conversation, un abonné peut toujours

rappeler l'attention de l'opératrice du bureau central, puisqu'il lui suffit d'abaisser et de relever à diverses reprises le crochet commutateur d de son poste pour allumer et éteindre dans la même cadence la lampe de supervision qui lui correspond. Il est évident que la cadence des mouvements imprimés ainsi au crochet commutateur d ne doit pas être trop rapide, afin de donner au relais de supervision c le temps d'obéir à ces alternatives d'établissement et de rupture du courant, et afin également de ne pas donner à la lampe des éclats trop rapides. Une cadence d'environ 50 à 60 à la minute serait une bonne moyenne à observer.

Il est donc démontré que, même pendant la durée de la conversation, l'abonné reste en relation de service

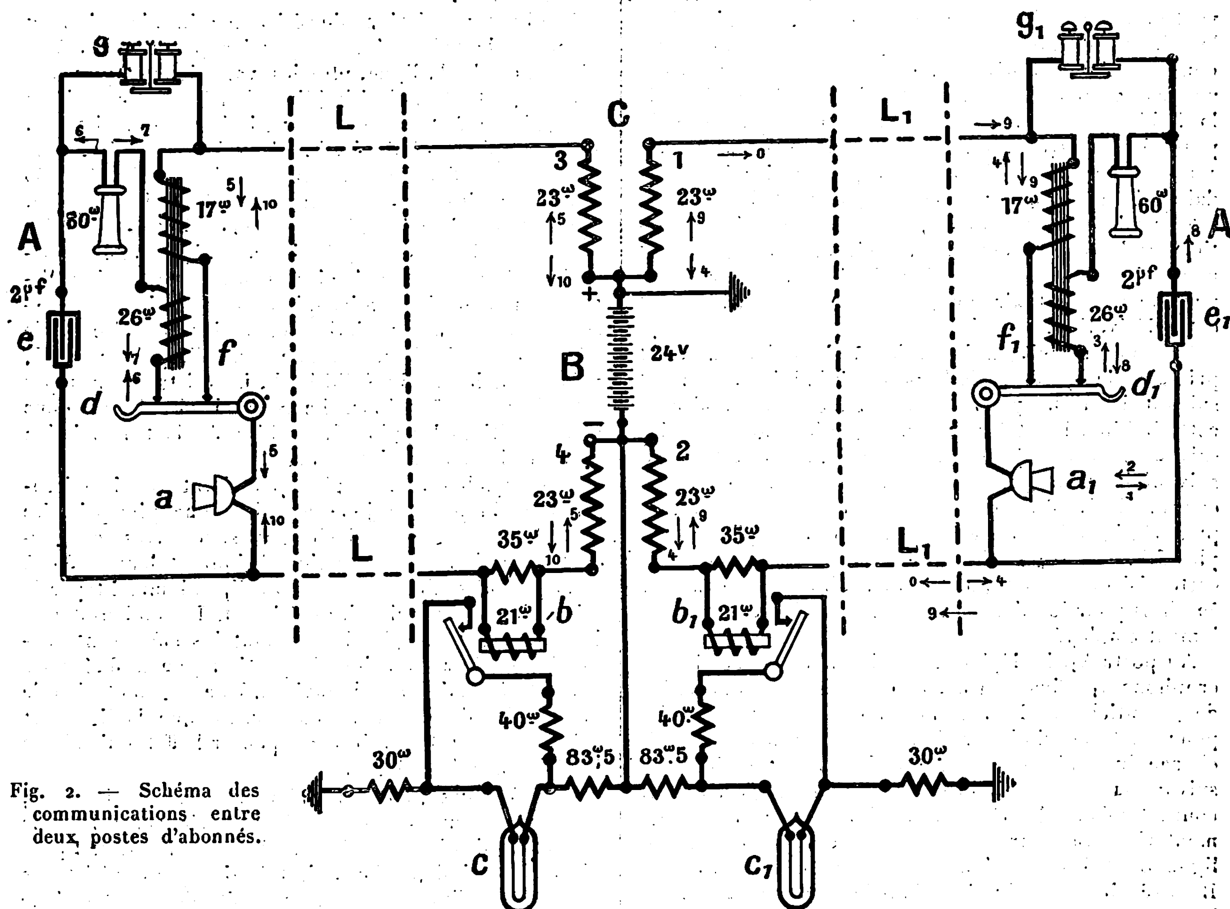


Fig. 2. — Schéma des communications entre deux postes d'abonnés.

constante avec son opératrice, et réciproquement cette dernière, par la simple constatation de l'allumage ou de l'extinction de la lampe de supervision, peut à tout instant se rendre compte si l'abonné a son récepteur décroché ou accroché, ce qui revient à dire qu'elle peut juger si oui ou non l'abonné est présent ou non à son poste, puisqu'il est imposé que le récepteur doit être raccroché dès que l'abonné a terminé sa communication. Il est donc de toute évidence que l'allumage simultané des deux lampes c et c_1 signifie d'une façon certaine que la communication doit être rompue.

L'examen de la figure 2 permet de se rendre un compte exact de la façon dont se propagent les ondes téléphoniques entre les deux postes d'abonnés A et A_1. En supposant que l'abonné A_1 parle pendant que l'abonné A écoute, on peut envisager les trois cas suivants :

1° A l'état de repos du microphone, la ligne L_1 est parcourue par un courant continu suivant la flèche zéro ;

2° La membrane du microphone a_1 sous l'impulsion de la voix se déplace dans le sens de la flèche 1, produisant ainsi une augmentation de résistance du microphone et, par conséquent, une augmentation de la différence de potentiel aux bornes de ce microphone ;

3° La membrane du microphone a_1, sous l'impulsion de la voix, se déplace dans le sens de la flèche 2, produisant ainsi une diminution de résistance du microphone et par conséquent une diminution de potentiel aux bornes du microphone.

Une augmentation de potentiel aux bornes du microphone a pour effet d'augmenter dans la même proportion la charge du condensateur e' placé en shunt sur ce microphone. Le courant de charge du condensateur e_1 parcourt l'enroulement secondaire de 26 ohms de la bobine d'induction f_1 suivant la flèche 3, ce qui pro-

voque par induction un courant suivant la flèche 4 dans le circuit primaire de 17 ohms. Ce dernier courant induit s'ajoute à l'effet produit par l'augmentation de résistance du microphone, pour diminuer l'intensité du courant qui venait suivant la flèche o dans la ligne extérieure L' et dans les deux enroulements de 23 ohms correspondants n[os] 1 et 2 du translateur C. La diminution du courant suivant la flèche o et le courant suivant la flèche 4 ajoutent leurs effets pour induire dans les deux enroulements 3 et 4 du translateur C un courant suivant la flèche 5. Ce dernier courant trouve un passage par l'enroulement primaire de 17 ohms de la bobine d'induction *f* et par le microphone *a* du poste A. Une très minime partie de ce courant trouve un passage suivant la flèche 6 par le circuit secondaire de 26 ohms, par le récepteur et le condensateur *e* de ce poste ainsi que par la sonnerie magnétique *g* de 1000 ohms; mais ces circuits ont une self et une résistance beaucoup plus élevées, de sorte qu'on peut ne pas en tenir compte et négliger entièrement cette dérivation.

Le courant suivant la flèche 5 dans l'enroulement primaire de 17 ohms de la bobine *f* induit un courant suivant la flèche 7 dans l'enroulement secondaire de cette bobine. Il est à remarquer que le courant dérivé suivant la flèche 6 contrarie celui du courant induit suivant la flèche 7; mais, comme il a déjà été dit, le courant dérivé 6 est tout à fait négligeable, et d'autant plus négligeable que la résistance du microphone *a* est plus faible au repos. Comme il sera expliqué plus loin, cette résistance au repos du microphone est d'environ 50 ohms pour le microphone Solid back, type généralement employé.

Au poste A_1, le déplacement du diaphragme du microphone a_1 suivant la flèche 2 produit une diminution de potentiel aux bornes du microphone a_1, ce qui a pour effet de diminuer dans la même proportion la charge du condensateur e_1 dont le courant de décharge suivant la flèche 8 induit dans le circuit primaire un courant suivant la flèche 9 qui s'ajoute à l'effet d'augmentation du courant suivant la flèche zéro dans la ligne L' et les enroulements 1 et 2 du translateur C. Il en résulte la production, dans les deux autres enroulements 3 et 4 du translateur C, d'un courant induit suivant la flèche 10, parcourant l'enroulement primaire de 17 ohms de la bobine d'induction *f* du poste A, ce qui induit un courant suivant la flèche 6 dans l'enroulement secondaire de 26 ohms de cette bobine. Ce courant 6 actionne le récepteur du poste A. Il est à remarquer qu'un courant inverse dérivé suivant la flèche 7 peut, dans ce cas, également être négligé.

L'étude de la figure 2 permet d'arriver aux conclusions suivantes :

1° Lors de la transmission de la parole, les effets du transmetteur et de la bobine d'induction du poste s'ajoutent pour augmenter l'influence des variations de courant dans les enroulements du translateur C. Cette circonstance est tout à fait favorable à l'emploi des postes à batterie centrale intégrale, puisqu'elle permet d'augmenter, dans une large mesure, l'efficacité de la transmission de ces postes, même sur des lignes très longues pouvant atteindre jusqu'à 500 ohms de résistance. Pour obtenir cet avantage, il faut que les enroulements de la bobine d'induction soient bien établis.

2° La présence des relais de supervision dans le circuit de conversation n'offre aucun inconvénient, à cause des shunts de 35 ohms dépourvus de self qui n'opposent aucune résistance au passage des ondes téléphoniques.

3° Plus les variations de résistance du microphone *a* du poste de l'abonné sont grandes par rapport à la résistance de la ligne, plus les variations de courant sont importantes. Ceci implique la nécessité d'avoir un microphone à très grandes variations de résistance. Le microphone Solid back, généralement usité, varie en moyenne d'environ 50 ohms en plus et d'environ 50 ohms en moins. Comme, d'un autre côté, à la réception, la résistance du microphone au repos doit être la plus faible possible afin de réduire au minimum les dérivations de courants nuisibles, il en résulte que la résistance au repos de ce microphone ne devrait pas dépasser la plus grande variation en moins produite par le déplacement de la membrane sous l'impulsion de la voix. Dans le cas du Solid back, la résistance au repos est d'environ 50 ohms. Le Solid back répond donc aux conditions les plus favorables de la transmission en batterie centrale intégrale.

4° Le condensateur *e* placé en shunt sur le microphone *a* du poste A joue le rôle d'une pile primaire dont les charges et décharges successives en passant par la bobine d'induction *f* ajoutent leurs effets à ceux produits directement et indépendamment par le microphone sur le circuit extérieur L. Le condensateur *e* joue le rôle d'une pile locale dont les effets sont proportionnés à sa capacité. En pratique, on a fixé cette capacité à 2 microfarads environ. Une augmentation de la capacité des condensateurs *e*, lorsque la ligne est très résistante, tendrait à compenser l'effet nuisible de la résistance de la ligne.

5° Grâce aux quatre enroulements du translateur C, au centre desquels se trouve la batterie centrale B, le courant qui alimente chacun des circuits L et L_1 est absolument indépendant, c'est-à-dire que la résistance d'une ligne n'influe pas sur le débit d'une autre ligne avec laquelle elle est mise en communication par l'intermédiaire du translateur C.

6° Les quatre enroulements du translateur C étant équivalents, la transmission s'opère aussi bien dans un sens que dans l'autre et avec un rendement égal.

7° Il importe, pour que la transmission soit bonne, que les lignes extérieures L et L_1 soient très bien isolées. Le manque d'isolement des lignes pourrait compromettre également le fonctionnement des relais de supervision. Un isolement d'environ 100000 ohms pour les lignes extérieures suffit amplement dans la pratique courante pour assurer un très bon fonctionnement du système.

8° Lorsqu'un abonné oublie de raccrocher son récepteur, c'est-à-dire lorsque son transmetteur et l'enroulement primaire de sa bobine d'induction restent placés en shunt sur la ligne extérieure, il est néanmoins possible à l'opératrice du bureau central de rappeler

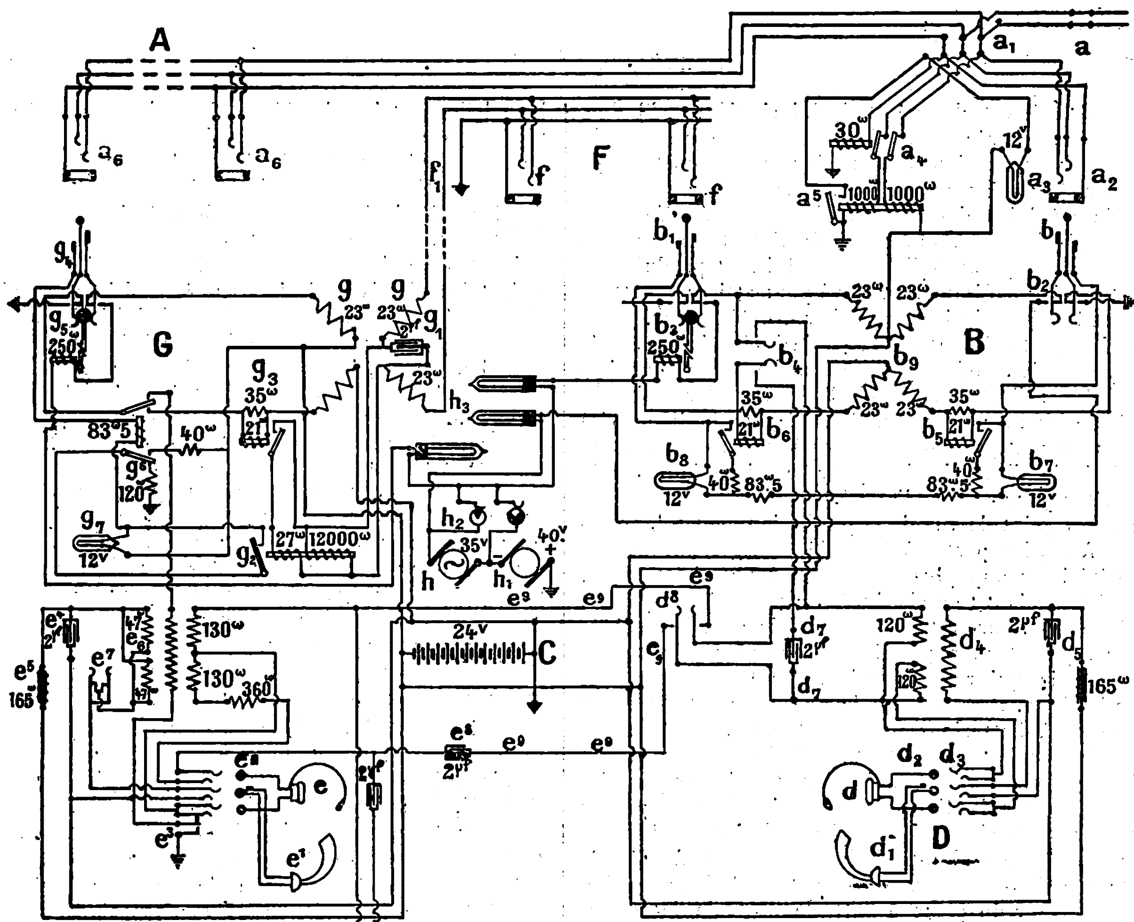


Fig. 3. — Ensemble des circuits d'une ligne d'abonné.

A. *Ligne d'abonné.*

a, répartiteur d'entrée; a_1, répartiteur intermédiaire; a_2, jack local; a_3, lampe d'appel; a_4, relais de coupure; a_5, relais d'appel; a_6, jacks généraux.

B. *Cordons du groupe de départ.*

b, fiche de réponse placée en regard du jack local a_2 dans lequel elle devra prendre contact; b_1, fiche d'appel; b_2, clé d'appel ordinaire côté réponse; b_3, clé d'appel automatique; b_4, clé d'écoute; b_5, relais de supervision côté réponse; b_6, relais de supervision côté appel; b_7, lampe de supervision côté réponse; b_8, lampe de supervision côté appel; b_9, translateur à quatre enroulements de 23 ohms au centre duquel est reliée la batterie centrale représentée en C au bas de la figure 3.

C. *Batterie centrale.*

D. *Poste de l'opératrice de départ.*

d, récepteur serre-tête; d_1, transmetteur plastron; d_2, fiche de prise de poste; d_3, triple jack de prise de poste; d_4, bobine d'induction; d_5, condensateur de 2 microfarads placé en shunt sur le transmetteur; d_6, bobine de self de 165 ohms intercalée en série sur le circuit qui relie le transmetteur d_1 à la batterie centrale C; d_7, condensateur intercalé en série sur le circuit qui relie le poste d'opératrice D à la clé d'écoute b_4; d_8, clé de conversation de service reliant le poste D à la ligne de conversation venant du groupe d'arrivée E.

E. *Poste de l'opératrice d'arrivée.*

e, récepteur serre-tête; e_1, transmetteur plastron; e_2, fiche de prise de poste; e_3, triple jack de prise de poste; e_4, condensateur de 2 microfarads placé en shunt sur le circuit du transmetteur e_1; e_5, bobine de self de 165 ohms placée en série sur le circuit qui relie le transmetteur e_1 à la batterie centrale C; e_6, bobine d'induction spéciale dite antilocale parce qu'elle empêche l'opératrice d'entendre sa propre conversation. Cette bobine a également un enroulement spécial pour le test.

F. *Ligne auxiliaire de départ.*

f, jacks généraux de départ; f_1, ligne auxiliaire de départ à deux fils.

G. *Monocorde d'arrivée.*

g, translateur à quatre enroulements reliant téléphoniquement le monocorde G à la ligne auxiliaire F; g_1, condensateur de 2 microfarads intercalé du côté départ entre les deux enroulements de 23 ohms du translateur g; g_2, relais de 12 000 ohms relié en permanence aux bornes du condensateur g_1; g_3, relais de supervision, côté arrivée, destiné à commander le circuit du shunt de 27 ohms du relais de 12 000 ohms g_2; g_4, fiche de monocorde d'arrivée montrée en regard des jacks généraux a_6, dans lesquels cette fiche est destinée à prendre contact; g_5, clé d'appel automatique; g_6, relais de test; g_7, lampe de fin de 12 volts; e_7, clé permettant à l'opératrice d'interrompre le circuit d'alimentation de son transmetteur; e_8, condensateur de 2 microfarads intercalé en série sur le circuit reliant le poste E à la ligne de conversation à deux fils e_9; e_9, ligne de conversation à deux fils reliant le poste E de l'opératrice d'arrivée aux clés de conversation d_8 des groupes de départ.

H. *Dynamoteur d'appel.*

h, génératrice à courants d'appel alternatifs pouvant varier de 15 à 25 périodes et de 75 à 100 volts; h_1, génératrice à courant continu sous 40 volts intercalée en série entre la terre et la génératrice de courants alternatifs h afin d'ajouter son effet sur le fonctionnement de la clé automatique d'appel, g_5 ou b_3, lorsque l'abonné demandé a décroché son récepteur; h_2, commutateur réglé pour la distribution automatique des phases d'appel et de non-appel; h_3, lampe de résistance de 150 volts 20 bougies et ayant environ 350 ohms de résistance, intercalée dans le circuit d'appel pour empêcher les accidents au cas où il se produirait un court-circuit dans la fiche, le cordon ou la ligne de l'abonné demandé.

l'attention de cet abonné et de lui signifier qu'il doit raccrocher son récepteur. A cet effet, elle envoie sur la ligne une succession très rapide de courants, soit environ 400 à 800 pulsations à la seconde, dont l'effet est de produire dans le circuit secondaire de cette bobine f des courants induits qui agissent sur la membrane du récepteur de l'abonné et lui font produire un son très aigu suffisamment élevé pour attirer son attention et l'inciter ainsi à raccrocher son récepteur.

9° Les postes à batterie centrale intégrale comparés aux postes de l'ancien système sont beaucoup plus simples, plus robustes et plus faciles à installer, puisqu'il suffit de les raccorder aux deux fils de la ligne. Ces postes ne sont pas, comme dans l'ancien système, encombrés de piles primaires pour le microphone, ni de magnétos pour assurer l'appel.

10° Au point de vue de la protection contre les courants forts, les postes à batterie centrale offrent une sécurité beaucoup plus grande que les anciens postes. En effet, pendant toute la durée du repos de ces postes, la ligne extérieure est placée en série avec le condensateur, qui est un appareil beaucoup plus robuste que la sonnerie qui restait anciennement seule en série avec la ligne. Pendant que le récepteur est décroché au poste à batterie centrale intégrale, la ligne est shuntée par le transmetteur Solid back et le circuit primaire de la bobine d'induction, tandis que pour les anciens postes la ligne se trouvait shuntée par le récepteur et le circuit secondaire de la bobine d'induction. Ce dernier shunt est beaucoup plus fragile, de sorte que, dans les deux cas, l'avantage de la protection est en faveur du poste à batterie centrale intégrale. C'est grâce à cet avantage qu'en Amérique, il a été possible de simplifier les anciens appareils de protection en supprimant les bobines thermiques. Les appareils de protection nouveaux pour les postes d'abonnés à batterie centrale intégrale ne comprennent que des fusibles et des parafoudres à charbon.

11° En Amérique, les protecteurs à l'entrée des lignes au bureau central comprennent des bobines thermiques, des parafoudres et des fusibles. Il est à noter que les bobines thermiques doivent être construites pour supporter sans inconvénient le passage du courant de la batterie centrale, quelle que soit la résistance extérieure de la ligne.

Ensemble des circuits d'une ligne d'abonné, d'une paire de cordons du groupe de départ avec son poste d'opératrice, d'une ligne auxiliaire reliant le groupe de départ au groupe d'arrivée, du monocorde d'un groupe d'arrivée et du poste téléphonique de l'opératrice d'arrivée. — La ligne de l'abonné est représentée en A à la partie supérieure de la figure 3; la paire de cordons du groupe de départ est représentée en B; en D est indiqué le poste de l'opératrice de départ; en E celui de l'opératrice d'arrivée; F est la ligne auxiliaire de départ; G le monocorde d'arrivée; enfin en H est représenté l'appareil d'appel.

Fonctionnement des circuits d'ensemble de la figure 3. — Lorsque l'abonné relié à la ligne A décroche son récepteur, sa lampe d'appel a_3 s'allume immédiatement au-dessus du jack local a_2 dans lequel l'opératrice de départ D enfonce sa fiche de réponse b tout en mettant sa clé b_4 sur réception afin de recevoir le numéro de l'abonné demandé. Dans le bureau de Gutenberg provisoire il n'a pas été possible de placer des jacks généraux d'abonnés dans les groupes de départ, de sorte que toutes les communications doivent actuellement être établies avec l'aide d'une opératrice d'arrivée E. Lorsque le multiple sera ultérieurement transféré dans son local définitif, les groupes de départ seront munis de jacks généraux, de sorte que, dans ce cas, les communications demandées pour un abonné du multiple pourront être données sur le groupe de départ même. Actuellement l'opératrice de départ D doit toujours recourir à une opératrice d'arrivée E, à laquelle elle transmet, au moyen de sa clé de conversation d_8, le numéro de l'abonné demandé. L'opératrice d'arrivée E fait avec sa fiche g_4 le test du jack général a_6 de l'abonné demandé, y enfonce la fiche g_4 et fait connaître, à l'opératrice de départ D, le numéro de la ligne auxiliaire F. L'opératrice de départ enfonce aussitôt sa fiche d'appel b_1 dans le jack général f de cette ligne F; elle remet sa clé de conversation d_8 au repos, et elle laisse à l'opératrice d'arrivée le soin d'appeler l'abonné demandé. Les clés d'appel automatiques b_3 des groupes de départ resteront sans emploi tant que ces groupes ne seront pas munis de jacks généraux d'abonnés. L'opératrice d'arrivée E, pour appeler l'abonné demandé, n'a qu'à enfoncer le bouton de la clé d'appel automatique g_5. Le bouton de cette clé g_5 se remet au repos dès que l'abonné demandé a répondu, de sorte que l'opératrice d'arrivée E en est prévenue. De même, l'opératrice de départ D est prévenue de la réponse de l'abonné demandé, parce que sa lampe de supervision b_8 obéit au relais de supervision b_6 qui lui-même obéit au relais de supervision g_3 qui commande le shunt de 27 ohms du relais de 12000 ohms g_2. En effet, dès que ce shunt de 27 ohms est établi, la batterie centrale C peut fournir sur la ligne auxiliaire F un courant assez intense pour actionner le relais b_6 du groupe de départ. Les deux lampes de supervision b_7 et b_8 permettent donc à l'opératrice de départ D de suivre la communication ainsi établie. L'allumage simultané des deux lampes b_7 et b_8 donne le signal de fin au groupe de départ où l'opératrice D met aussitôt les deux fiches b et b_1 au repos, ce qui a pour effet de remettre le relais de 12000 ohms g_2 au repos, et, par suite, d'allumer la lampe de fin g_7, ce qui donne à l'opératrice E l'ordre de remettre sa fiche g_4 au repos et de rendre ainsi la ligne auxiliaire F disponible pour une nouvelle communication.

La limite imposée à cette étude ne nous permet pas d'entrer dans des descriptions plus détaillées relatives à ces circuits. Les figures 1, 2 et 3 ne montrent que les circuits essentiels strictement nécessaires pour donner une idée de l'ensemble du système à batterie centrale installé à Gutenberg provisoire. Ce multiple permet à l'Administration de donner aux abonnés un service téléphonique très efficace, même supérieur à celui qui existait avant l'incendie. Les circuits relatifs aux tests de non-réponse, aux tests d'occupation, aux clés des

compteurs de conversation, aux lignes de renvoi du service interurbain, aux circuits des tables de surveillantes, etc., n'ont pas été représentés sur les figures 1, 2 et 3, pour ne pas les compliquer.

Pour décider si oui ou non il y a intérêt à munir les groupes de départ de jacks généraux, il y a lieu, dans chaque cas, de faire des calculs basés sur des statistiques rigoureuses faisant connaître le pourcentage des communications intérieures, c'est-à-dire celles reliant entre eux les abonnés du multiple considéré, et le pourcentage des communications demandées pour des abonnés reliés à d'autres multiples. On admet en général que, si le pourcentage des communications intérieures est inférieur à 20 pour 100, il y a économie à ne pas munir les groupes de départ de jacks généraux.

Cette base de 20 pour 100 n'a rien de rigoureux ; elle dépend essentiellement de la comparaison d'une part du prix de la main-d'œuvre supplémentaire imposée aux opératrices, et d'autre part du prix de revient du matériel économisé et de son amortissement.

Sur l'autocommutateur téléphonique, par H.-E.-A. ANDRÉ (*Bulletin de la Société internationale des Électriciens*, 2e série, t. IX, juin 1909, p. 396). — Voici ce que dit à ce propos M. André dans la communication qui vient d'être analysée :

« Dans l'art de la téléphonie, qui n'est que de la science appliquée, il faut toujours garder l'esprit ouvert et se méfier des préjugés pour ou contre toute innovation comme, par exemple, celle de l'autocommutateur.

» La prudence la plus élémentaire consiste surtout à ne pas faire une expérience sur une grande échelle.

» L'autocommutateur est une innovation, mais une innovation qui date déjà d'un quart de siècle environ tout en restant encore à l'état d'expérience, malgré les efforts assidus de beaucoup d'ingénieurs compétents et enthousiastes. Depuis un quart de siècle, on fait des tâtonnements dans le but de remplacer les téléphonistes par un mécanisme automatique. Il faut avouer que l'idée est très séduisante et que l'analogie des autres sciences appliquées encourage les inventeurs à persévérer dans cette voie. Cependant, il faut reconnaître, en tenant compte des résultats pratiques exacts connus et en basant les calculs sur toutes les données disponibles, que l'autocommutateur n'est pas encore arrivé à justifier la suppression du personnel. Le calcul démontre, en effet, que la complication mécanique inhérente au système se traduit en des frais d'entretien et de réparation à un tel degré que les résultats financiers penchent encore en faveur du commutateur manuel.

» Depuis un quart de siècle qu'on installe des autocommutateurs, il est rare d'en trouver deux du même type : chaque installation diffère de celle qui la précède. Cependant, celui qui nierait la possibilité d'arriver au succès serait très hardi, et nous sommes heureux de noter que les progrès des dernières années sont devenus plus rapides.

» L'autocommutateur présente des problèmes excessivement difficiles, et il contient jusqu'à présent certains défauts de principe capables d'empêcher son application aux très grands réseaux. En effet, dans son état de développement actuel, il ne se prête pas bien à certains services importants d'un grand réseau, tels que la taxe par conversation, l'emploi des lignes partagées, les communications interurbaines, les bureaux privés annexes, etc. Par ce manque de flexibilité, on a calculé que l'application de l'autocommutateur au réseau de New-York n'économiserait que 20 pour 100 des téléphonistes. Dans les petits réseaux, au contraire, les circonstances se prêtent mieux à son application, et il est très possible que nous verrons, dans quelques années, l'autocommutateur appliqué avec succès aux réseaux de province à bureau central unique où l'abonnement forfaitaire peut être maintenu et où le service interurbain joue un rôle peu important.

» Malgré tous les efforts des ingénieurs et toute la propagande des inventeurs, on constate que, même aux États-Unis, son pays d'origine, les abonnés reliés aux stations automatiques ne dépassent actuellement pas 1 pour 100 du total des abonnés du pays. En Europe, le pourcentage est encore petit, mais certaines administrations favorisent l'autocommutateur dans le but de se débarrasser des téléphonistes, à cause des difficultés inhérentes à l'augmentation du personnel ayant droit à tous les avantages d'un service d'État. Mais les difficultés rencontrées dans cette voie sont suffisamment indiquées par le fait que l'Administration des Télégraphes, en Autriche, qui cherchait à appliquer l'autocommutateur dans la mesure la plus large possible et qui comptait mettre en service en province, il y a 6 mois, quatre bureaux centraux automatiques, n'a pas encore pu réaliser son projet, et, d'après toutes les indications, l'ouverture aura lieu avec au moins un an de retard, et peut-être même davantage.

» A titre d'exemple, pour mettre en évidence la prudence qu'il importe d'apporter à l'adoption d'un système autocommutateur, nous signalons en passant la faillite toute récente de la Columbus Automatic Telephone Company, au capital de 676000fr, qui exploitait depuis 1903, à Colombus, dans l'État de Géorgie (États-Unis), un autocommutateur équipé pour 900 abonnés environ. »

ÉLECTROCHIMIE ET ÉLECTROMÉTALLURGIE.

SIDÉRURGIE.

Sur la désulfuration dans le procédé Héroult. — Les excellents résultats donnés par le procédé Héroult en ce qui concerne la désulfuration des matières traitées ont amené les spécialistes à rechercher les raisons pour lesquelles ce procédé permet d'obtenir une désulfuration plus complète ([1]) que les autres procédés.

Déjà en 1907, Schmid avait émis l'opinion (*Stahl und Eisen*, 1907, p. 1613) que la désulfuration obtenue au four Kjellin est due à un ébranlement moléculaire produit par les courants alternatifs, ébranlement qui faciliterait le départ du soufre à l'état de SO^2 en présence d'oxydants. Mais cette explication, outre sa bizarrerie, est en contradiction avec divers faits d'observation, car, ainsi que l'indique Widding (*Stahl und Eisen*, 1907, p. 1605), on a laissé dans l'acier préparé au four Rœchling-Rodenhauser des teneurs en soufre de 0,05 à 0,07 pour 100, alors que, d'après la théorie de Schmid, la désulfuration devait se produire dans tous les cas où l'on emploie le courant alternatif.

Plus récemment, le Dr Geilenkirchen a proposé une explication plus complexe, mais aussi plus admissible, que signale le *Journal de l'Électrolyse* du 1er novembre.

I. Cette explication est basée sur les équilibres chimiques qui s'établissent dans le bain et dans la scorie et sur les modifications qu'éprouvent ces équilibres avec la température, la présence d'un excès de soufre, etc.

Dans le bain métallique, le soufre se trouve à l'état de sulfure de fer et de sulfure de manganèse; ces sulfures étant solubles à la fois dans le bain et dans la scorie, un équilibre chimique s'établira, la proportion de soufre passant dans la scorie étant d'autant plus importante que la température est plus élevée et la teneur de la scorie en CaO plus grande. Comme la température du four électrique est plus élevée que celle du four Martin, on conçoit dès lors qu'en opérant de la même manière avec les deux fours on obtienne une désulfuration plus complète avec le four électrique qu'avec le four Martin.

Mais cette remarque ne suffit pas à expliquer les résultats obtenus, car puisqu'il y a un état d'équilibre il restera toujours dans l'acier une certaine quantité de soufre, et cette quantité sera d'autant plus grande que la teneur initiale de l'acier en soufre aura été elle-même plus grande. Si donc on veut entièrement éliminer le soufre, on devra le faire entrer dans une combinaison insoluble dans le métal, et la seule combinaison à envisager est le sulfure de calcium CaS. Mais CaS, sous l'action des oxydants, se transforme en $CaSO^4$, lequel est décomposé par le fer suivant la réaction



$$CaSO^4 + 3Fe = 3FeO + CaO + FeS,$$

de sorte que le soufre repasse dans le métal. C'est cette réaction qui empêche de désulfurer dans les opérations métallurgiques oxydantes qui emploient une scorie calcaire ([1]). On voit donc qu'il ne suffit pas de former CaS aux dépens du sulfure du métal, mais qu'il faut encore empêcher la formation de $CaSO^4$.

Pour produire la transformation des sulfures métalliques en sulfure de calcium CaS, on peut se servir de réducteurs énergiques. Avec le charbon, on a



$$2CaO + 2FeS + 2C = 2CaS + 2Fe + 2CO.$$

Cette réaction peut se produire au Martin pendant la période d'affinage d'une charge très carburée ou lorsqu'on traite un acier très dur et sulfuré. Mais elle ne s'effectue qu'à la surface de contact du métal et de la scorie, et par suite elle ne peut être complète, la scorie et le métal ne pouvant se mélanger intimement.

Dans les conditions ordinaires de travail du four électrique, c'est-à-dire lorsqu'on charge un métal fondu extra-doux et suroxydé, le carbone nécessaire à la réaction ne peut être fourni par le métal, puisque celui-ci en renferme à peine. Le réducteur doit donc se trouver dans le laitier. Ce réducteur est le carbure de calcium CaC^2 qu'on ajoute au bain ou qui même peut se former de lui-même dans le laitier par suite de la haute température du four électrique. Sous l'action de ce réducteur énergique, le métal est d'abord désoxydé, puis il est désulfuré suivant la réaction écrite en dernier lieu, et la teneur en soufre du bain peut être ramenée à une valeur infime pour peu qu'on laisse à la réaction le temps de se produire. Le laitier réducteur joue ainsi le même rôle que les décrassages successifs, avec cette différence que la désulfuration par laitier réducteur se fait sans aucune dépense de travail mécanique et s'achève en très peu de temps.

Il est à remarquer que pour réaliser cette désulfuration il n'est pas nécessaire d'avoir de la chaux exempte de soufre. Si elle en contient à l'état de $CaSO^4$, ce dernier formera bien d'abord du FeS, mais bientôt après celui-ci sera transformé en CaS. La seule condition à remplir est que le laitier ne renferme plus aucun oxyde

([1]) Au four Héroult installé à Remscheid, sur 1000 coulées, on a obtenu 743 fois une teneur en soufre moindre que 0,01 pour 100 et 958 fois une teneur moindre que 0,015 pour 100, cela en partant d'un bain contenant au minimum 0,035 et au maximum 0,5 pour 100 de soufre.

([1]) De plus, au Martin basique, l'anhydride sulfureux SO^2 contenu dans le gaz de chauffage donne, avec la chaux et l'oxygène, du sulfate de calcium $CaSO^4$ qui vient s'ajouter à celui résultant de l'oxydation du sulfure CaS.

métallique, car, tant qu'il y aura des oxydes dans le laitier, ce sont eux qui seront réduits, le travail chimique nécessaire pour leur réduction directe étant moindre que celui qu'exige la formation de sulfure.

Remarquons encore que la formation de $CaSO^4$, qui doit être évitée comme on l'a vu plus haut, est absolument impossible dans une scorie fortement réductrice.

II. D'après ces considérations, il est facile de se rendre compte de la marche de la désulfuration dans un four Héroult.

Si l'on fait précéder la désulfuration d'une opération d'affinage, la désulfuration commence déjà pendant cette période comme au Martin; mais elle va plus loin, le laitier étant plus fluide au four électrique et ayant dès lors un pouvoir dissolvant plus grand. Le décrassage enlèvera en même temps que le laitier oxydant les sulfures métalliques qu'il aura dissous.

Aussitôt le laitier final chargé, une grande partie du sulfure passe dans la scorie, mais comme au Martin basique, à l'état de FeS et de MnS. Il est indifférent pour la pratique de savoir si Mn déplace Fe de ses sulfures avant de passer dans la scorie. Mais, ici encore, grâce à la plus haute température et à la plus forte basicité du laitier, la réaction est plus énergique qu'au Martin.

Pendant la période de désoxydation qui commence alors, il se produira un départ d'autant plus complet de FeS et de MnS que ces corps sont plus solubles dans FeO et MnO passant dans le laitier.

Mais ce départ serait indifférent pour le résultat final, car les sulfures repasseraient tels quels dans le bain, proportionnellement aux pouvoirs dissolvants respectifs du bain et de la scorie. Il serait extrêmement difficile de saisir le moment exact où la teneur en soufre du bain est minimum, et, en tous les cas, la désulfuration plus ou moins parfaite serait toujours un résultat fortuit.

Mais au moment où le laitier est débarrassé des oxydes métalliques la combinaison du soufre et du calcium commence, et, par le procédé même, une décomposition est rendue impossible; le soufre restera dans la scorie.

De nombreuses expériences sur le processus de la désulfuration confirment ces affirmations. La désulfuration augmente d'abord proportionnellement à la température du laitier; elle reste stationnaire pendant un certain temps jusqu'au moment où le laitier est débarrassé d'oxydes métalliques, ce qui est visible à ce que le laitier est blanc fusant : ensuite, le soufre baisse à nouveau rapidement jusqu'à ce qu'on obtienne les résultats indiqués plus haut.

III. On peut conclure de là les deux points suivants :

1° La désulfuration se produit sans précautions spéciales et elle est plutôt un phénomène parallèle à la désoxydation. Elle s'effectue, par conséquent, de toutes façons, et l'on peut dire qu'il est impossible de trouver des teneurs appréciables du soufre dans un acier désoxydé complètement selon le procédé Héroult, cela quelle que soit la teneur initiale de la charge.

2° La désulfuration se produit indépendamment de la composition chimique du métal, sans que les autres métaux alliés au fer en soient affectés. Des aciéries Martin disposant de matières assez peu phosphoreuses pour pouvoir arrêter leurs opérations à des teneurs quelconques en carbone et en manganèse pourront désulfurer le métal ainsi coulé sans altérer sa composition, et sans être obligées à de nouvelles additions.

DIVERS.

Emploi du carborundum pour la confection des enduits, par J.-N. OBOZINSKI (*Annales des Travaux publics de Belgique*, juin 1909). — Nous avons déjà signalé cette application du carborundum dont on peut voir aujourd'hui de nombreux exemples dans les escaliers des nouvelles stations du Métropolitain parisien, ainsi que dans les nouvelles voitures de ce chemin de fer. Dans son article, M. Obozinski signale les avantages que présentent les agglomérés de ciment et de carborundum, décrit la manière dont on fabrique les dalles et les enduits, enfin relate les résultats des essais d'usure qui ont été effectués sur ces agglomérés.

La circulation sur ces enduits produit une faible usure du ciment, qui a pour effet d'accentuer le relief des grains de carborundum ; le frottement n'agissant plus que sur un corps d'une très grande dureté, l'usure du ciment se trouve complètement arrêtée, et, de plus, les aspérités des cristaux de carborundum s'opposent très efficacement au glissement.

L'auteur décrit ensuite la fabrication de dalles en béton armé, portant une couche d'agglomérés de ciment et de carborundum à la partie supérieure. Larges de $0^m,25$ et épaisses de $0^m,035$, ces dalles pèsent 22^{kg} le mètre courant et peuvent s'employer comme recouvrement des marches d'escalier en pierre ou en fer ; les teintes les plus diverses peuvent leur être données.

Sous forme de dallages ou de monolithe, les agglomérés de carborundum servent pour les quais et les bordures de trottoirs. Pour les voitures de tramways et de chemins de fer, l'emploi de tôles métalliques recouvertes de xylolithe incorporée de carborundum donne un plancher incombustible, inusable, non glissant et très hygiénique par suite de l'absence de joints.

Pour montrer que cette composition se prête à l'ornementation, l'auteur signale le perron érigé à l'Exposition internationale de Milan en 1906, qui était construit entièrement en béton incrusté de carborundum. Il reproduit les procès-verbaux des épreuves faites au Conservatoire des Arts et Métiers, qui montrent qu'après 4000 tours de la piste en fonte de la machine Dorry, saupoudrée de sable fin de Fontainebleau, et sous une charge de 250^g par centimètre carré de surface frottante, il n'y avait pas d'usure, qu'on procédât à sec ou avec de l'eau.

Un tableau de l'usure des matériaux divers à l'aide de meules montre également qu'après 4000 tours de meule, l'usure totale atteignait presque 8^{mm} pour le granit, tandis qu'elle était nulle pour le carborundum.

VARIÉTÉS. — INFORMATIONS.

LÉGISLATION, RÉGLEMENTATION.

Arrêté du Ministre des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes agréant le Bureau du contrôle et d'essais annexé à l'Institut électrotechnique de Grenoble pour la délivrance du certificat d'essai des compteurs d'énergie électrique.

Le Ministre des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes,

Vu la loi du 15 juin 1906 sur les distributions d'énergie;

Vu les articles 16 des cahiers des charges types des distributions publiques d'énergie électrique en date des 17 mai et 20 août 1908;

Vu l'article 2, paragraphe 2, de l'arrêté du 2 juin 1909, portant règlement des conditions d'approbation des compteurs servant à mesurer les quantités d'énergie électrique livrées au public par les concessionnaires ou permissionnaires de distribution publique d'énergie électrique soumis aux clauses et conditions desdits cahiers des charges;

Vu l'avis du Comité d'Électricité,

Arrête :

Le Bureau de contrôle et d'essais annexé à l'Institut électrotechnique de Grenoble est agréé pour délivrer le certificat d'essai des compteurs servant à mesurer les quantités d'énergie livrées aux abonnés par les concessionnaires ou permissionnaires de distributions d'énergie électrique.

Paris, le 12 novembre 1909. A. MILLERAND.

(*Journal officiel* du 13 novembre 1909.)

Arrêté du Ministre des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes organisant le contrôle des distributions d'énergie électrique dans le département du Var.

Par arrêté du 13 novembre 1909, l'arrêté du 28 juillet 1908, organisant le contrôle des distributions d'énergie électrique dans le département du Var, a été modifié ainsi qu'il suit, en ce qui concerne le service du contrôle de l'exploitation technique, savoir :

Ingénieur.

M. HUGRON, Ingénieur des Postes et des Télégraphes à Marseille.

Agents du contrôle.

M. SENGLAR, Sous-Ingénieur des Ponts et Chaussées à Draguignan.

M. FABRE (Joseph), Conducteur des Ponts et Chaussées à Draguignan.

M. VIDAL (Jules), Conducteur des Ponts et Chaussées à Draguignan.

Ces dispositions auront leur effet à dater du 16 novembre 1909.

(*Journal officiel* du 14 novembre 1909.)

Arrêté du Ministre des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes nommant un secrétaire adjoint rapporteur de la Commission des distributions d'énergie électrique.

Par arrêté du 13 novembre 1909, M. Huet (Robert), ingénieur ordinaire des Ponts et Chaussées de 2ᵉ classe, a été nommé secrétaire adjoint rapporteur de la Commission des distributions d'énergie électrique, à dater du 16 novembre 1909.

(*Journal officiel* du 16 novembre 1909.)

CHRONIQUE FINANCIÈRE ET COMMERCIALE.

Convocations d'Assemblées générales. — *Société nantaise d'éclairage et de force par l'électricité.* Assemblée ordinaire le 20 novembre, 11h30m, au siège social, à Paris.

Compagnie d'Électricité de l'Ouest-Parisien. Assemblée ordinaire le 24 novembre, à 11h, 19, rue Blanche, à Paris.

Société d'applications industrielles. Assemblée ordinaire du 26 novembre, à 4h30m, 8, rue Pillet-Will, à Paris.

Société d'exploitations électriques, gazières et hydrauliques. Assemblée ordinaire le 27 novembre, à 3h, 106-108, rue de Lourmel, à Paris.

Société centrale pour l'industrie électrique. Assemblée constitutive le 11 novembre, à 3h30m, 14, rue Bergère, à Paris.

Société le Centre électrique. Assemblée extraordinaire le 14 novembre, à 2h, 30, rue Grande, à Argenton-sur-Creuse.

Force motrice de la Haute-Durance. Assemblée extraordinaire le 2 décembre, à 3h, 92, rue de la Victoire, à Paris.

Compagnie générale boulonnaise d'Électricité. Assemblée extraordinaire le 1er décembre, à 2h, Hôtel Terminus.

Société régionale de distribution électrique du Centre. Assemblée extraordinaire le 6 décembre, à 2h, 52, rue du Faubourg-Saint-Honoré.

Nouvelles Sociétés. — *Société pour l'exploitation de concessions d'éclairage et d'eaux.* Siège social : 46, rue de Provence, à Paris. Capital : 120000fr. Constituée le 6 octobre 1909.

Compagnie départementale d'énergie électrique. Siège social : 5, rue Taitbout, à Paris. Durée : 99 ans. Capital : 100000fr.

Société en commandite Linot et Cie, fabricant de décolletage de précision d'appareils électriques de bronze et cuivre. Siège social : 29, rue des Trois-Bornes, à Paris. Durée : 10 ans. Capital : 10000fr, dont 3000fr par la commandite.

Société en nom collectif Hinaux et Thomas, appareils électriques. Siège social : 9, rue Saint-Maur, à Paris. Durée : 30 ans. Capital : 7000fr.

Société en nom collectif Heymann et Billaudel, fabricant d'accumulateurs électriques. Siège social : 35, rue Clavel, à Paris. Durée : 10 ans. Capital : 80000fr.

Société en nom collectif Petrier et Tissot, fabricants de matériel électrique. Siège social : 24, rue Part-Dieu, à Lyon. Durée : 10 ans. Capital : 80000fr.

Société anonyme Eau, Éclairage électrique et Force motrice de Brissac et extension. Siège social : à Brissac (Maine-et-Loire), en la salle de la mairie. Durée : 30 ans. Capital : 89500fr.

Compagnie Parisienne de distribution d'Électricité. — Du rapport présenté par le Conseil d'administration à l'Assemblée générale du 26 juin 1909, nous extrayons ce qui suit :

Le compte de premier établissement s'élève à la somme

nette de 25008464fr,12 résultant de la différence entre une dépense brute de 26367532fr,64 et une recette de 1359068fr,52.

Les dépenses brutes se résument comme il suit : 1° frais de constitution de la Société, timbre et enregistrement, 652765fr,25; 2° frais généraux d'administration, personnel, loyers, impôts, service des titres, etc., pour la période de 17 mois qui s'est écoulée depuis le jour de notre constitution jusqu'au 31 décembre 1908 : 546996fr,42; 3° intérêts intercalaires à 4 pour 100 courus pendant la même période sur les versements partiels successifs du capital, 1333333fr,30; 4° payements effectués pour la constitution rétroactive des retraites, 1387488fr; 5° travaux neufs, 22446989fr,67, soit un total de 26367532fr,64.

L'ensemble des dépenses inscrites au chapitre des sous-stations se décomposait, à la date du 31 décembre 1908, de la manière suivante : terrains, 3560621fr,24; bâtiments et travaux intérieurs, 2555604fr,05; matériel et outillage, 3926531fr,25; ensemble, 10042756fr,54. A cette somme, il faut ajouter, pour compléter les débours afférents aux travaux neufs : compteurs nouveaux, transformateurs et accessoires nécessités par un premier développement du nombre des abonnés, 1102661fr,72; galeries et canalisations, 11301571fr,41; total des travaux neufs, 22446989fr,67.

La longueur des nouvelles canalisations de rues est déjà voisine de 140km, alors que nous n'étions tenus d'en poser que 100km avant le 31 décembre 1909.

Les recettes atteignaient, à la date du 31 décembre 1908, la somme de 1359068fr,52, dépassant de plus de 25000fr la charge des intérêts intercalaires pendant notre premier exercice social. Elles se composent de deux chapitres : 1° intérêts des capitaux disponibles en banque, 507847fr,42; 2° redevance des secteurs, 851221fr,10.

La consommation de 46700000 kilowatts-heure en 1907 s'est élevée à plus de 52400000 kilowatts-heure en 1908, soit un accroissement de 14 pour 100.

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1908.

Actif.

	fr
Actionnaires	12506812,50
Dépenses de premier établissement	25008464,12
Avances sur marchés et travaux	4390644,54
Approvisionnements	157714,42
Cautionnement	2054184,10
Caisse et banques	8117716,82
Débiteurs divers	1749251,53
Droits sur actions à recouvrer	30416,69
Total de l'actif	54015204,72

Passif.

	fr.
Capital	50000000 »
Coupon nº 1	302,40
Créditeurs divers	3264902,32
Intérêts intercalaires courus, du 1er juillet au 31 décembre 1908	750000 »
Total du passif	54015204,72

Avis commerciaux. — RAPPORTS COMMERCIAUX DES AGENTS DIPLOMATIQUES ET CONSULAIRES DE FRANCE (1). — Nº 823. *Autriche-Hongrie.* — Mouvement maritime et commercial de Trieste en 1908.

Nº 824. *Allemagne.* — Situation économique des provinces de la Prusse occidentale et orientale en 1908.

Nº 825. — *Angleterre.* — Situation économique de la côte nord-est anglaise en 1908. — Newcastle et les ports de la Tyne. — Middlesborough et le Cleveland. — Hull. — Grimsby. — Sunderland.

Nº 826. *Suède.* — Mouvement commercial, industriel et maritime de la Suède en 1907. — Vente des produits français en Suède. — Conseils aux exportateurs français de vins, spiritueux et autres produits.

BIBLIOTHÈQUE COMMERCIALE DE LA CHAMBRE DE COMMERCE DE PARIS. — La Chambre de Commerce de Paris, afin de faciliter au public l'accès de sa Bibliothèque commerciale, vient de décider de l'ouvrir de 9h du matin à 5h30m du soir. Cette décision est appliquée depuis le 3 novembre dernier.

Cours officiels, à la Bourse de Londres, du cuivre « Standard » et du cuivre électrolytique.

DATES.	CUIVRE « STANDARD ».	CUIVRE ÉLECTROLYTIQUE.
	£ sh d	£ sh d
8 novemb. 1909..	58 » »	60 » »
9 » » ..	58 17 6	60 10 »
10 » » ..	58 12 6	60 5 »
11 » » ..	58 15 »	60 10 »
12 » » ..	58 15 10	60 10 »
15 » » ..	59 5 »	60 10 »
16 » » ..	59 10 »	61 5 »
17 » » ..	60 » »	61 15 »
18 » » ..	60 5 »	62 » »
19 » » ..	60 12 6	62 10 »

NOTA. — La Bourse de Londres est fermée le samedi.

Catalogue. — Les usines du Pied Selle, à Fumay (Ardennes), viennent de faire paraître leur album-tarif 1910 relatif au chauffage électrique.

INFORMATIONS DIVERSES.

Électrochimie et Électrométallurgie. — MOUTURE DU CARBURE DE CALCIUM POUR LA FABRICATION DE LA CYANAMIDE. — On sait que pour cette fabrication le carbure de calcium doit être réduit en poudre très fine. Lors de cette pulvérisation il se produit souvent des explosions par suite d'un dégagement d'acétylène sous l'influence de l'humidité de l'air et de l'inflammation du mélange explosif formé par cet acétylène et l'air par les petites étincelles résultant du choc des pièces métalliques des moulins. Pour éviter ces explosions, la Cyanid-Gesellschaft a fait breveter (D. R. P., 211067, 25 novembre 1908) un système de broyeur opérant dans un espace clos rempli d'azote. Le brevet fait observer qu'on ne pourrait remplacer pratiquement l'azote par un autre gaz inerte, parce que ceux-ci renferment généralement comme impureté de l'anhydride carbonique qui réagit sur le carbure, tel est le cas de l'oxyde de carbone.

IMPORTATIONS DE CARBURE DE CALCIUM EN ALLEMAGNE. — Voici les chiffres d'importation du carbure en Allemagne, en quintaux métriques, pour les sept premiers mois de 1909 et 1908 :

	1909.	1908.
Norvège	45721	39042
Autriche-Hongrie	16589	22928
Suède	1837	4122
Suisse	71815	82239
Divers	1411	2293
Totaux	137373	150684

(1) Ces documents sont tenus à la disposition des adhérents qui désireraient en prendre connaissance au Secrétariat général du Syndicat des Industries électriques, 11, rue Saint-Lazare.

Il y a une diminution pour 1909 de 13000 quintaux environ qui disparaîtront certainement d'ici la fin de l'année.

Les chiffres des importations, diminuées des exportations, sont les suivants pour cette période pendant les quatre dernières années :

1906	109 738 quintaux
1907	122 519 »
1908	147 338 »
1909	133 074 »

L'industrie du carbure de calcium en Norvège en 1908. — D'après un récent rapport du consul général d'Allemagne à Christiania, il y a actuellement en Norvège sept fabriques de carbure en activité, savoir : Nottoden, 4000 chevaux ; Hafslund, 20000 chevaux ; Borregaard, 2000 chevaux ; Meraker, 4000 chevaux ; et Ihlen à Drontheim, 3000 chevaux.

Il faut y ajouter deux établissements terminés seulement en août et octobre derniers : Odda avec 20000 chevaux et Krageræ, 4000 chevaux.

La capacité de production totale de ces fabriques peut être évaluée entre 80 et 90000 tonnes par an.

L'exportation s'est élevée en 1907 à 22591 tonnes d'une valeur de 4000000 de couronnes et, en 1908, 36666 tonnes valant environ 6 millions et demi de couronnes en ports norvégiens. La consommation dans le pays est insignifiante.

Le prix est tombé dans le cours de l'année de 190 à 160 couronnes la tonne en ports norvégiens.

Variétés. — L'emploi de la lampe a mercure pour la stérilisation des boissons. — Depuis quelque temps on cherche à appliquer les rayons ultra-violets à la stérilisation des liquides alimentaires. En fait, les propriétés microbicides de ces rayons avaient été entrevues, dès 1882, par Engelmann, qui observa qu'en éclairant une préparation bactérienne placée sur le porte-objet d'un microscope au moyen des rayons d'un spectre, les bactéries fuyaient la région violette et ultra-violette pour se réfugier dans la région située du côté du rouge. Plus tard, ces propriétés microbicides furent nettement mises en évidence et furent attribuées à la formation de l'ozone, formation qui est, comme on sait, très abondante dans le voisinage des lampes à vapeur de mercure et à tube de quartz.

Des expériences faites par M. Miroslaw Kernbaum et communiquées à l'Académie des Sciences dans la séance du 26 juillet paraissent démontrer que, lorsqu'ils agissent sur un liquide, les rayons ultra-violets donnent naissance à de l'eau oxygénée, laquelle serait le véritable agent microbicide. Dans une expérience, 15$^{cm^3}$ d'eau distillée enfermée dans un récipient en quartz furent soumis à l'action des rayons d'une lampe à mercure à tube de quartz ; au bout de 10 heures on observa un petit dégagement gazeux et après 200 heures on obtint 260$^{mm^3}$ d'un gaz qu'on reconnut être de l'hydrogène ; d'autre part, l'eau présentait avec grande netteté tous les caractères analytiques de l'eau oxygénée.

Ces résultats corroborent une observation faite en 1908 par M. H. Thiele, qui, dans la *Chemical Centralblatt*, p. 508, signalait avoir obtenu de l'eau oxygénée en faisant agir des rayons ultra-violets sur l'eau ; elle corrobore aussi une observation plus ancienne de Schöne qui, en 1877 (*Ber. d. deutschen chem. Ges.*), constata dans la neige et la pluie la présence de petites quantités d'eau oxygénée qu'il attribua à l'action de la lumière ultra-violette sur les flocons de neige ou les gouttes de pluie.

En tout cas, et quoi qu'il en soit de la manière dont se produit la destruction des microbes, un point nettement acquis est la possibilité de stériliser le lait, le cidre, le vin, etc., au moyen de la lampe au mercure. Reste à savoir si les petites doses d'eau oxygénée que renferment les liquides ainsi traités ne peuvent à la longue provoquer des troubles dans l'organisme.

ERRATUM.

M. Lindel, l'auteur de la description du *Chemin de fer électrique à crémaillère Montreux-Glion*, publiée dans le dernier numéro, pages 330 à 344, nous signale une erreur qui s'est glissée dans son texte. A la page 343, ligne 21 de la 2e colonne, il est dit : « Les moteurs sont munis de pôles commutateurs qui assurent une marche sans crachement aux balais, même à 20 pour 100 de surcharge ». Il faut lire : « même à 90 pour 100 de surcharge ».

AVIS.

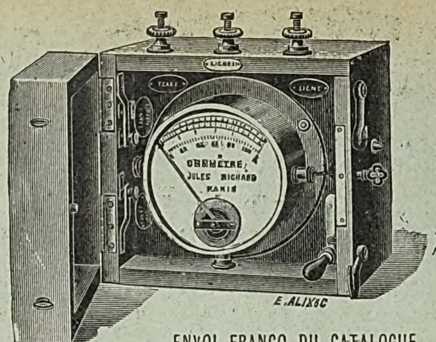
LAMPE "Z"

FABRICATION FRANÇAISE





MESURES ÉLECTRIQUES, ENREGISTREURS ET APPAREILS DE TABLEAUX



ENVOI FRANCO DU CATALOGUE

Courants continus, courants alternatifs simples et polyphasés

NOUVEAUX MODÈLES absolument **APÉRIODIQUES** Brevetés S.G.D.G.

Pour traction électrique : électromobiles, tramways, chemins de fer

Ampèremètres, voltmètres, wattmètres.
Modèle électromagnétique à apériodicité réglable sans aimant permanent.
Modèle apériodique de précision à cadre, système d'Arsonval, Ampèremètres à shunts.
Modèle thermique sans self-induction, apériodique, à consommation réduite.
Compteur horaire, **Boites de contrôle, ohmmètres**, etc.

Jules RICHARD, Fondateur et Successeur de la Maison RICHARD, Frères.
25, r. Mélingue (Anc. Imp. Fessart), PARIS. Exposit. et vente : 10, r. Halévy (Opéra)

USINE à IVRY s/SEINE

LAMPE

LAMPE à FILAMENT MÉTALLIQUE

Économie 75 % Se méfier des Contrefaçons.

CHEZ TOUS LES ÉLECTRICIENS ET STATIONS CENTRALES

Sté Anyme des Usines PINTSCH, 46, Rue d'Anjou, PARIS.

SIRIUS-KOLLOÏD

SIRIUS KOLLOÏD

USINE à IVRY s/SEINE

LAMPE "MÉTAL"

UN WATT PAR BOUGIE

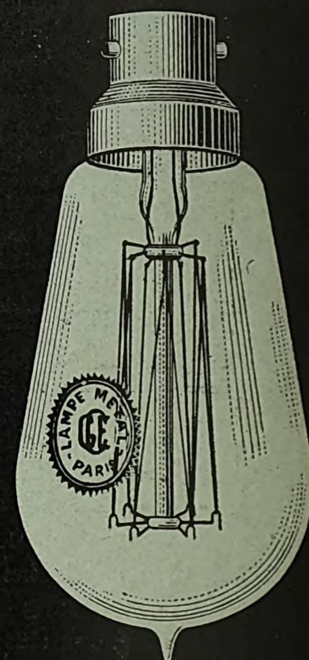
PRIX - 2f.50 — 75% d'Economie

La Lampe "MÉTAL" de 16 Bougies consomme moins qu'une Lampe ordinaire de 5 Bougies

Demander la Marque "MÉTAL" chez tous les Electriciens

VENTE EN GROS

Cie Gle DES LAMPES - 5, Rue Boudreau PARIS



Paris. — Imprimerie GAUTHIER-VILLARS, quai des Grands-Augustins, 55.

43751 — *Le Gérant :* GAUTHIER-VILLARS.

6e Année. — TOME XII. N° 143 — 15 DÉCEMBRE 1909.

LA REVUE ÉLECTRIQUE

ORGANE

DE L'UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ

Publiée sous la direction de J. BLONDIN, Agrégé de l'Université, RÉDACTEUR EN CHEF,

Avec la collaboration de :

MM. ARMAGNAT, BECKER, BOURGUIGNON, COURTOIS, DA COSTA, JACQUIN, JUMAU, GOISOT, J. GUILLAUME, LABROUSTE, LAMOTTE, MAUDUIT, RAVEAU, G. RICHARD, TURPAIN, etc.

Revue paraissant deux fois par mois.

ABONNEMENT. Paris : 25 fr. — Départements : 27 fr. 50. — Union postale : 30 fr. — **Le Numéro** : 1 fr. 50.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,

Quai des Grands-Augustins, 55.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J. BLONDIN, 171, Faubourg Poissonnière, Paris (9e).

ACCUMULATEUR

FULMEN

POUR TOUTES APPLICATIONS

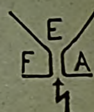
Bureaux et Usine à CLICHY. — 18, Quai de Clichy, 18

Adresse télégraphique : FULMEN CLICHY-LA-GARENNE   TÉLÉPHONE : 511-86

Fabrique d'Appareillage Electrique **SPRECHER & SCHUH**

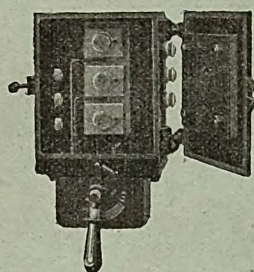
(Société Anonyme)

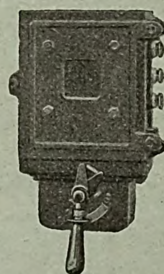
30, Boulevard de Strasbourg, Paris.



Siège social à AARAU (Suisse).
Usines à AARAU et DELLE (Haut-Rhin).

APPAREILLAGE ET TABLEAUX A HAUTE ET A BASSE TENSION.
APPAREILS POUR MINES. — POSTES DE TRANSFORMATEURS.





Coffret de branchement pour moteur étoile-triangle.

"L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE"

SOCIÉTÉ ANONYME DE CONSTRUCTION ET D'INSTALLATION ÉLECTRIQUES

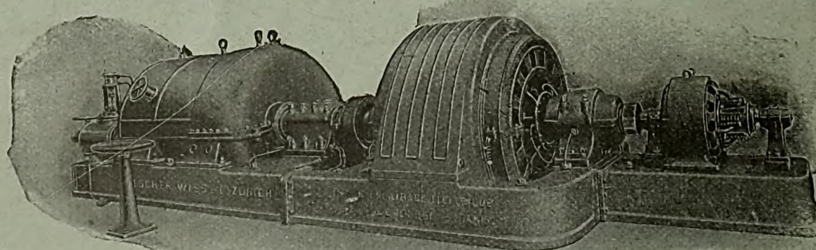
CAPITAL : 6.000.000 DE FRANCS

ADMINISTRATION ET ATELIERS : 364, Rue Lecourbe. — PARIS.

MATÉRIEL E. LABOUR

TURBO-ALTERNATEURS. — STATIONS CENTRALES. — GROUPES ELECTROGENES
GROUPES DE TÉLÉGRAPHIE SANS FILS. — POMPES CENTRIFUGES A GRANDE ELÉVATION.
PALANS TREUILS, CABESTANS ET VENTILATEURS ELECTRIQUES.

TÉLÉGRAMMES : LÉCLIQUE-PARIS
TÉLÉPHONE : 709-19 — 729-41.



Turbo-alternateurs de 2500 kilowatts

EXPOSITIONS :
Paris 1900 … St-Louis 1904. } GRANDS PRIX
Liége 1905 … { HORS CONCOURS. MEMBRE DU JURY.

Tome XII. N° 143. — 15 décembre 1909.

LA REVUE ÉLECTRIQUE

CHRONIQUE.

Il y a quinze jours, nous rappelions, d'après une communication que venait de faire M. Georges Claude à la Société des Ingénieurs civils, les applications actuelles et les applications possibles de l'oxygène pur dans la partie du domaine industriel qui intéresse plus particulièrement les électriciens. Un article récent de M. CLAUDE (1) nous fixe sur le **prix de revient de l'oxygène,** et une communication de M. Aimé WITZ (2), à la séance du 29 novembre de l'Académie des Sciences, laisse entrevoir la possibilité d'une nouvelle **application de l'oxygène à la production de la force motrice.**

D'après M. Claude, l'énergie nécessaire pour l'obtention de 1^{m^3} d'oxygène, et conséquemment la préparation simultanée d'environ 4^{m^3} d'azote, ne dépasserait pas $\frac{2}{3}$ de cheval-heure avec des appareils capables de produire 1000^{m^3} d'oxygène à l'heure. Dans ces conditions et en supposant la force motrice produite par des moteurs à gaz de haut fourneau, M. Claude estime à 2,5 centimes le prix de revient du mètre cube d'oxygène, amortissement de l'installation compris et l'azote produit étant considéré comme sans valeur; même ce prix de revient pourrait être encore très notablement réduit si, au lieu de s'adresser aux gaz de haut fourneau pour la production de la force motrice, on utilisait de puissantes installations hydrauliques, lesquelles peuvent fournir l'énergie à 50^{fr} le kilowatt-an (et même moins en Norvège), alors que l'énergie produite par moteurs à gaz de haut fourneau est comptée, dans l'estimation précédente, à 2 centimes le cheval-heure, soit 230^{fr} environ le kilowatt-an.

Comme on pourrait objecter que jusqu'ici il n'a pas été fait d'installation capable de produire 1000^{m^3} d'oxygène par heure, M. Claude prend soin de citer également le prix de revient dans une installation un peu plus modeste, l'installation des usines métallurgiques de Ougrée-Marihaye, qui, comme nous le disions dans notre précédente Chronique, se sert d'oxygène pour suroxygéner l'air insufflé dans ses hauts fourneaux. Cette installation comprendra trois appareils de chacun 200^{m^3} d'oxygène pur par heure, et, d'après les essais faits, le prix de revient de l'oxygène y sera de 3,2 centimes par mètre cube, amortissement compris, la force motrice étant comptée à 2 centimes le cheval-heure.

Comme l'indique le titre de sa communication, M. Witz, en préconisant la substitution de l'oxygène pur à l'air dans les mélanges tonnants des moteurs à combustion interne, a principalement en vue la récupération de l'énergie calorifique actuellement

(1) Georges CLAUDE, *L'oxygène industriel* (*Revue générale des Sciences*, 20e année, 30 novembre 1909, p. 923).

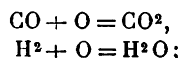
(2) Aimé WITZ, *La récupération de décharge dans les moteurs à combustion interne* (*Comptes rendus*, t. CXLIX, p. 961).

perdue dans les gaz d'échappement de ces moteurs.

Cette perte d'énergie calorifique est en effet, loin d'être négligeable : elle entre pour près de 30 pour 100 au passif du bilan thermique des moteurs. On a bien songé à la récupérer en envoyant les gaz d'échappement dans le gazogène; ils maintiendraient celui-ci à la température convenable en lui abandonnant leurs calories, et l'on réaliserait dès lors une certaine économie sur la dépense en combustible brûlé pour le maintien de cette température ; en outre, la vapeur d'eau contenue dans ces gaz dispenserait ou d'injecter de la vapeur vive dans le gazogène ou d'humidifier l'air aspiré, et dans l'un et l'autre cas, on économiserait le combustible brûlé pour la production de la vapeur; enfin l'anhydride carbonique des gaz brûlés fournirait la moitié du carbone nécessaire à sa transformation en oxyde de carbone, diminuant d'autant la quantité de charbon brûlé dans le gazogène. On réaliserait donc ainsi une triple économie, qui ne peut manquer d'être très importante.

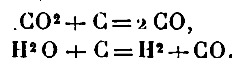
Dans les conditions actuelles de fonctionnement des moteurs à gaz, une telle récupération est évidemment impossible. L'air employé pour la combustion du mélange gazeux dans les cylindres des moteurs introduit dans les gaz brûlés une très forte proportion d'azote. Par suite, si l'on envoyait les gaz d'échappement dans le gazogène, le gaz produit deviendrait de plus en plus riche en azote, et son pouvoir calorifique ne tarderait pas à tomber au-dessous de la limite nécessaire pour obtenir un fonctionnement sans raté des moteurs.

Par la substitution de l'oxygène à l'air, l'impossibilité de la récupération disparaît, puisque la proportion d'azote dans les gaz produits n'augmente plus. On peut dès lors faire accomplir aux gaz un cycle fermé. Dans le moteur nous aurons les réactions



$$CO + O = CO^2,$$
$$H^2 + O = H^2O;$$

dans le gazogène, l'oxyde de carbone et l'hydrogène se reproduiront suivant les réactions



$$CO^2 + C = 2\,CO,$$
$$H^2O + C = H^2 + CO.$$

Des objections se présentent toutefois. En premier lieu, il est à craindre que les mélanges formés avec l'oxygène pur ne donnent lieu à des explosions brisantes. M. Witz a prévu cette objection et il écrit : « Étant donné que la mise en route initiale du groupe moteur gazogène s'effectuerait nécessairement en fonctionnant d'abord à l'air, de la façon habituelle, à cycle ouvert, une certaine quantité d'azote ou d'anhydride carbonique non réduit resterait dans la circulation et constituerait, dans la marche à cycle fermé, le diluant indispensable pour amortir les explosions brisantes du mélange formé à l'oxygène pur. »

Une seconde objection est que la contre-pression produite par les gaz brûlés serait certainement plus grande en cycle fermé qu'en cycle ouvert et donnerait par suite lieu à une diminution du rendement du moteur. Cette objection a été envisagée par M. Witz, qui écrit à ce propos : « La force vive de la décharge serait utilisée pour produire la circulation dans le cercle fermé constitué par le gazogène et le cylindre moteur, et le secours apporté par elle à l'aspiration du moteur compenserait sans doute la perte résultant de la contre-pression exagérée, produite par l'introduction de la décharge dans le gazogène, plus ou moins obstrué par la colonne de coke incandescent; il suffirait du reste d'une soupape placée sur la conduite pour limiter cette contre-pression à une valeur déterminée et envoyer à l'air libre l'excès de gaz éventuellement produit. » On pourrait, croyons-nous, ajouter que, les gaz brûlés n'étant plus dilués dans une grande quantité d'azote, la contre-pression serait, à égalité de dimensions des cylindres, plus faible en moyenne qu'elle n'est dans les conditions actuelles.

Il est un autre point que, sans doute en raison de la concision de sa communication, imposée par les règlements de l'Académie, M. Witz n'a pas envisagé : c'est la dépense dont se trouverait grevé le prix de revient du cheval-heure par la substitution de l'oxygène pur à l'air. Nous avons essayé de nous en faire une idée. On admet généralement une consommation de 1500^l de gaz de gazogène par cheval-heure effectif. Ces 1500^l renferment environ 750^l de gaz combustibles, oxyde de carbone et hydrogène. Or, d'après les équations chimiques des réactions qui ont lieu dans le cylindre, ces gaz exigent un volume d'oxygène égal à la moitié de leur propre volume. La consommation d'oxygène serait donc de 375^l, soit une dépense de 1,12 centime en comptant l'oxygène à 3 centimes le mètre cube. On voit donc que la dépense supplémentaire est loin d'être négligeable par rapport au prix de revient du cheval-heure produit par des moteurs de gazogène, lequel, d'après les chiffres donnés par M. Mathot dans le précédent numéro [1], n'est que de 2 centimes pour une installation donnant 800 chevaux pendant 300 journées de 10 heures. Mais il ne faut pas oublier que l'énergie calorifique à récupérer dans les gaz brûlés est considérable, puisqu'elle est presque le tiers de l'énergie développée par la combustion et qu'à l'économie résultant de cette récupération viennent s'ajouter la

(1) *La Revue électrique*, t. XII, 30 novembre 1909, p. 379.

suppression de la dépense en combustible pour la vaporisation de l'eau et l'économie du charbon nécessaire à la réduction de l'anhydride carbonique. D'ailleurs, la substitution de l'oxygène entraînerait sans nul doute une réduction importante des frais de premier établissement, car, à puissance égale, un moteur alimenté par de l'oxygène serait nécessairement de dimensions moindres qu'un moteur alimenté à l'air. Or, on sait que l'amortissement des dépenses de premier établissement grève lourdement le prix de revient de la force motrice produite par les moteurs à gaz.

Une dernière observation peut être faite. Si l'on se reporte aux équations chimiques des réactions qui ont lieu dans le cylindre du moteur et dans la cuve du gazogène, on voit que le volume de l'hydrogène reste le même, mais que celui de l'oxyde de carbone devient triple à chaque évolution des gaz dans le cercle fermé gazogène-moteur. La quantité des gaz combustibles irait donc constamment en augmentant. Que ferait-on des gaz produits en supplément de la quantité qu'exige le fonctionnement de l'installation? M. Witz paraît l'avoir prévu, puisqu'il parle d' « envoyer à l'air libre l'excès de gaz éventuellement produit ». Mais cette solution est évidemment en contradiction avec l'idée qui prédomine actuellement dans l'industrie et qui est d'ailleurs celle qui a guidé M. Witz en préconisant l'emploi d'un cycle fermé : l'utilisation de tous les sous-produits, quelle que soit leur nature. A la vérité, on peut, puisque nous sommes dans le domaine des applications de l'avenir, en entrevoir une autre. On se souvient sans doute que, tout récemment, nous signalions une idée originale d'un ingénieur américain, M. Stott, sur la composition des stations centrales de demain [1] : l'usine génératrice mixte à moteurs à gaz et à turbines à vapeur, les moteurs à gaz fonctionnant d'un bout à l'autre de l'année, les turbines à vapeur ne servant que pendant le temps où la charge de l'usine dépasse sa valeur minimum moyenne. Dans une telle usine les suppléments de gaz seraient d'une utilisation aisée: ils serviraient à la production de la vapeur alimentant les turbines, solution qui aurait en outre cet avantage de résoudre le problème encore si discuté du chauffage automatique des chaudières.

*
* *

Mais laissons le domaine des possibilités théoriques et revenons à celui des possibilités pratiques, ou plutôt des possibilités que l'état actuel de l'industrie et les résultats d'essais déjà effectués permettent d'envisager comme de réalisation plus proche. Avant l'usine génératrice à moteurs à gaz et turbines à vapeur avec installations d'appareils producteurs d'oxyène, nous verrons peut-être, en effet, un autre genre d'usine dont le fonctionnement paraît, au premier abord, plus paradoxal : l'usine à turbines hydrauliques alimentées par de l'eau mise sous pression par l'explosion d'un mélange tonnant d'air et de gaz de gazogène, **l'usine thermo-hydro-électrique** comme l'ont déjà appelée quelques ingénieurs.

A la vérité, ce fonctionnement n'est que la juxtaposition de deux idées déjà anciennes : il y a plus d'un siècle, Montgolfier avait imaginé un appareil permettant d'obtenir un mouvement de rotation continu au moyen d'un bélier hydraulique en faisant agir l'eau sous pression fournie par ce bélier sur une roue à ailettes ; et d'un autre côté il existe dans une mine de charbon anglaise une pompe d'exhaure, construite il y a plus de 30 ans, où l'élévation de l'eau est réalisée par l'explosion d'un mélange tonnant.

Toutefois, ce n'est guère que depuis 5 ou 6 ans que la question est à nouveau étudiée, et cela dans le but de combiner les avantages que présentent les grandes vitesses angulaires des turbines à vapeur au point de vue de l'encombrement avec ceux que possèdent les moteurs à combustion interne au point de vue du rendement. La turbine à gaz ne paraissant pas, tout au moins pour le moment, pouvoir fournir une solution pratique du problème à cause de l'impossibité de construire des aubages ayant une résistance mécanique suffisante à la haute température développée par la combustion des gaz, quelques ingénieurs songèrent à tourner la difficulté en employant l'eau comme fluide intermédiaire pour transmettre aux aubes l'énergie produite dans la chambre de combustion.

Mais, sous cette forme même, le problème de la production du mouvement circulaire continu par combustion ou explosion d'un mélange gazeux, n'était pas sans présenter de sérieuses difficultés en raison de l'incompressibilité de l'eau et des coups de bélier qui peuvent en résulter.

Ces difficultés paraissent avoir été heureusement vaincues par M. H.-A. Humphrey, qui, à la séance du 19 novembre de l'Institution of Mechanical Engineers [1] de Londres, a fait une importante communication sur ce sujet en même temps qu'il montrait

(1) *La Revue électrique*, t. XII, 30 octobre 1909, p. 281.

(1) Cette communication et la discussion qui l'a suivie sont reproduites dans *Engineering*, t. LXXXVIII, 26 novembre et 3 décembre, p. 716, 737 et 750 ; des extraits en sont donnés dans les diverses Revues électrotechniques anglaises, notamment dans *Electrician*, t. LXIV, 26 novembre, p. 258.

la possibilité de la réalisation pratique de ses idées par la présentation de divers modèles de pompes construites d'après ses brevets.

Le principe de ces pompes est le suivant : supposons un tube en forme de U entre les branches duquel se trouve, à la partie inférieure, un réservoir d'eau. Dans la partie supérieure de l'une des branches, la branche de gauche par exemple, faisons exploser un mélange gazeux.

L'eau contenue dans le tube est chassée, et, comme la soupape qui la fait communiquer avec le réservoir d'eau se trouve alors fermée, cette eau s'élève dans la branche de droite et se déverse par l'extrémité supérieure de celle-ci.

En vertu de la vitesse acquise, l'eau continue d'ailleurs à se déverser après que la pression des gaz de l'explosion est devenue, par la détente, inférieure à la pression hydrostatique donnée par la différence des niveaux de l'eau, de sorte que la détente se prolonge jusqu'au-dessous de la pression atmosphérique. Mais alors, la soupape du réservoir d'eau inférieur s'ouvre automatiquement et une partie de l'eau de ce réservoir passe dans le tube ; une fraction suit le mouvement ascensionnel dans la branche de droite, tandis qu'une autre fraction s'élève dans la branche de gauche en chassant devant elle les gaz brûlés.

Quand le niveau de l'eau dans cette branche atteint une certaine hauteur, un mécanisme ferme la soupape d'arrivée d'eau en même temps que la soupape d'échappement des gaz. Les gaz qui restent forment alors matelas élastique amortissant le mouvement de l'eau du tube, laquelle, sous l'effet de la pression hydrostatique, est revenue vers la gauche. Lorsque ce mouvement est amorti, l'eau se trouve refoulée vers la droite par la pression des gaz et, si les frottements dans le tube sont suffisamment faibles, elle remonte sensiblement jusqu'à l'extrémité supérieure de la branche de droite, les gaz se détendant jusqu'à une pression inférieure à la pression atmosphérique. On profite de cette dépression pour faire pénétrer dans la chambre de combustion une certaine quantité de mélange explosif. Mais l'eau, après s'être élevée dans la branche de droite, revient dans la branche de gauche en comprimant le mélange explosif. Quand sa vitesse devient nulle, on fait exploser le mélange, et les divers phénomènes qui viennent d'être décrits se reproduisent dans le même ordre.

On voit donc que les mouvements oscillatoires de l'eau dans les branches du tube en U provoquent la succession des diverses phases d'un moteur à gaz à quatre temps : phase d'explosion pendant laquelle l'eau est refoulée et se déverse à l'extrémité supérieure de la branche de droite; phase d'échappement pendant laquelle l'eau du réservoir inférieur pénètre dans le tube pour remplacer l'eau qui s'est déversée; phase d'aspiration et enfin phase de compression dues au mouvement pendulaire que prend l'eau en cherchant à se mettre en équilibre stable.

Mais si l'appareil, le pulsomètre comme on pourrait l'appeler, constitue un moteur à gaz, il a sur le moteur ordinaire plusieurs avantages fort appréciables. D'une part, il ne comporte aucun organe compliqué pour régler l'admission et l'échappement des gaz; par suite, il est d'une construction moins coûteuse et plus robuste; la seule précaution à prendre est de donner au tube en U une section assez grande pour que l'eau n'y puisse pas prendre des variations de vitesse trop grandes. D'autre part, le piston, constitué par l'eau elle-même, n'a rien à craindre des températures élevées que développe la combustion des gaz et qu'on doit combattre dans les moteurs ordinaires par une circulation d'eau à l'intérieur même du piston. Le cylindre, constitué par la branche gauche du tube, est, lui aussi, préservé contre toute élévation anormale de température, puisqu'il se trouve refroidi par une grande masse d'eau à chaque oscillation du fluide.

D'un autre côté, le rendement mécanique du cycle que décrivent les gaz peut être rendu supérieur à celui du cycle des moteurs ordinaires, puisqu'il n'y a plus d'inconvénient à produire une haute température de combustion et que le rendement augmente notablement en même temps que cette température. Enfin, l'échappement des gaz brûlés se faisant sous une pression sensiblement égale à la pression atmosphérique, l'une des causes qui diminuent le rendement des moteurs ordinaires, la contre-pression à l'échappement, disparaît. Tout concourt donc pour faire de l'appareil un moteur robuste, peu coûteux et de très haut rendement.

Nous ne pouvons entrer ici dans le détail des questions examinées par M. Humphrey dans sa communication. Disons seulement qu'il est tout aussi simple de réaliser une pompe à deux temps que la pompe à quatre temps dont nous venons d'indiquer le principe, que les courbes de rendement tracées par l'auteur indiquent un rendement du cycle très nettement supérieur, à égalité de compression préalable, à celui du cycle de Otto, et que des essais faits sur une pompe de faible puissance (16 chevaux) ont montré que le cheval-heure, évalué d'après la hauteur de la masse d'eau élevée, est obtenu avec une dépense de 483g d'anthracite. Ce dernier résultat est très encourageant si l'on tient compte qu'avec des appareils de cette simplicité le rendement ne peut qu'augmenter avec les dimensions qui leur sont données.

Quant à l'application de cette pompe à la mise

en action de turbines hydrauliques pour la production de l'électricité, elle est assez brièvement examinée par l'auteur, qui se propose de revenir plus tard sur ce point et se borne à donner une coupe d'un projet de station centrale équipée suivant son système. M. Humphrey revendique naturellement en faveur de ce système divers avantages : grande simplicité de construction, faible prix de revient, grand rendement et faible dépense d'entretien et d'exploitation. Sur les deux premiers points, nous ne voyons aucune objection à faire; quant aux frais d'entretien et d'exploitation, ils semblent aussi devoir être notablement plus faibles que ceux des moteurs à gaz, d'une part à cause précisément de la simplicité de l'installation, d'autre part parce que l'une des dépenses d'exploitation importante des usines à moteurs à gaz, les dépenses de graissage, sont complètement annulées.

En ce qui concerne le rendement global de l'installation, c'est-à-dire le rapport entre l'énergie produite et l'énergie calorifique contenue dans le charbon employé, des réserves doivent être faites. Les installations électriques à moteurs à gaz ou gazogènes ne consomment guère que 800^g de charbon par kilowatt-heure au tableau. Or, les essais de M. Humphrey ont donné 483^g d'anthracite par cheval-heure d'énergie emmagasinée dans l'eau, de sorte que, en faisant intervenir le rendement de la turbine et de la dynamo on dépasserait sans doute le chiffre ci-dessus. Les essais de M. Humphrey s'appliquent, il est vrai, à une pompe de faible puissance, et, comme nous le disions, le rendement serait probablement plus élevé pour une installation plus puissante. Mais le rendement des pompes diminue en général quand la hauteur à laquelle on élève l'eau augmente, et la pompe de M. Humphrey ne fait pas exception à cette règle. Pour avoir un bon rendement on devra donc se contenter d'eau à faible pression. Dès lors, turbines et dynamos devront avoir des dimensions considérables par unité de puissance, et il s'ensuivra une augmentation des frais de premier établissement qui se répercutera, par l'amortissement, sur les dépenses d'exploitation.

Quoi qu'il en soit de l'avenir qui est réservé à la solution préconisée par M. Humphrey pour l'installation des futures centrales électriques, un point semble acquis : c'est que, en tant que pompe, l'appareil imaginé par M. Humphrey est excellent. Les visiteurs de l'Exposition qui doit avoir lieu à Bruxelles l'été prochain pourront d'ailleurs se rendre compte du fonctionnement de ces pompes par le modèle qui y sera présenté, modèle actuellement en construction et qui est capable d'élever 1125$^{m^3}$ d'eau à 10^m,5 de hauteur en 1 heure.

***

Dans une précédente Chronique [1] nous signalions quelques études récemment faites en vue de remplacer la commande directe des hélices propulsives des navires par la commande indirecte au moyen de moteurs électriques alimentés par des groupes électrogènes à turbines. Nous faisions observer que l'idée de la commande indirecte des hélices est loin d'être nouvelle, qu'elle a été lancée il y a une dizaine d'années en vue d'utiliser les moteurs à gaz dans la marine et que sa reprise doit être attribuée au développement industriel des turbines à vapeur.

Les mêmes observations s'appliquent à la **locomotive mixte à vapeur et à électricité** qui, d'après la presse anglaise [2], est actuellement en construction dans les ateliers de la North British Locomotive C° d'après les plans de M. Reid Ramsey. Là encore l'idée n'est pas neuve, puisqu'elle a été mise en pratique, sans succès d'ailleurs, il y a une quinzaine d'années, dans les locomotives Heillmann essayées sur les lignes de la Compagnie des Chemins de fer de l'Ouest, et c'est toujours en vue d'ouvrir un nouveau débouché aux turbines à vapeur qu'elle est une fois de plus appliquée.

La locomotive de M. Reid Ramsey emprunte en effet sa force motrice primaire à une turbine à vapeur. Celle-ci est du type à impulsion et commande directement, à la vitesse angulaire de 3000 t : m, une dynamo donnant du courant continu sous tension variable de 200 à 600 volts. Quatre moteurs électriques, montés deux par deux sur deux bogies à quatre essieux et pouvant être groupés en série, série parallèle et en parallèle, attaquent les essieux et permettent d'obtenir une vitesse variable à volonté entre de très larges limites.

Le fonctionnement économique des turbines exigeant la condensation de la vapeur, un condenseur est installé sur le tender. L'eau de condensation, exempte d'huile comme on sait, est renvoyée à la chaudière par la pompe alimentaire et décrit par conséquent un circuit fermé. D'autre part, l'eau de circulation nécessaire au refroidissement du condenseur est puisée par une pompe centrifuge dans la bâche du tender, passe dans le condenseur, est envoyée par une seconde pompe dans un radiateur placé à l'avant de la locomotive et refroidi par le courant d'air résultant du mouvement, et est enfin ramenée dans la bâche; elle aussi décrit donc un circuit fermé. Quant au tirage du foyer qui ne peut,

---

(1) *La Revue électrique*, t. XII, 15 nov. 1909, p. 322.
(2) *Engineering Supplement* du *Times* du 2 novembre.

par suite de l'emploi de la condensation, être produit, comme d'ordinaire, par l'échappement, il est obtenu par un ventilateur à turbine puisant l'air dans le radiateur de manière à contribuer ainsi au refroidissement de l'eau de circulation.

On conçoit aisément qu'une telle locomotive puisse présenter des avantages sur les locomotives à vapeur ordinaires malgré les importants perfectionnements apportés récemment dans leur construction. L'un des plus précieux est la faiblesse de la consommation d'eau des locomotives mixtes. Théoriquement cette consommation devrait être nulle, puisque la même eau devrait servir indéfiniment. Pratiquement il faudra compenser quelques pertes inévitables. Mais la nécessité de prendre de l'eau en cours de route ne se fera sentir qu'après un très long parcours, et c'est là un avantage qui sera très apprécié pour la traction des grands express, la vitesse commerciale de ceux-ci étant très fortement influencée par les pertes de temps causées par les arrêts. D'un autre côté, la turbine est plus économique que la machine à pistons; donc plus long parcours possible avec une même provision de combustible au départ et par conséquent nouvelle raison permettant d'augmenter la vitesse commerciale des trains de voyageurs. A un autre point de vue, on peut dire qu'à égalité de distance parcourue et de vitesse moyenne, la dépense en argent sera plus faible avec les nouvelles locomotives qu'avec les anciennes, d'où avantage capital en faveur de l'emploi des locomotives mixtes pour la traction des lourds trains de marchandises. Enfin on peut encore revendiquer en faveur de cet emploi la souplesse de la commande par accouplement électromagnétique et la propriété que possède ce genre d'accouplement de permettre de faire varier la vitesse d'un train dans des limites extrêmement larges sans modifier sensiblement la consommation de combustible par tonne remorquée.

On pourrait objecter que, par contre, la locomotive mixte n'est peut-être pas sans inconvénients par suite de la complexité de ses mécanismes et du poids considérable que représentent les moteurs électriques et les appareils de condensation. En ce qui concerne la complexité, celle-ci ne paraît pas, à première vue tout au moins, devoir être beaucoup plus grande que celle des puissantes locomotives modernes. Quant à l'augmentation de poids, les données nous manquent pour nous en faire une idée. En tout cas la tentative de M. Reid Ramsey est des plus intéressantes, et sa réussite, bien qu'elle puisse avoir pour conséquence de reculer l'application des automotrices et locomotives purement électriques sur les grandes voies ferrées, ne peut être que vivement souhaitée par les électriciens.

*
* *

Dans *La Nature* du 13 novembre, M. Ch.-Ed. GUILLAUME écrit, dans un article consacré au cheval-vapeur : « Le cheval devrait rejoindre aujourd'hui, dans le musée des choses du passé, toutes les unités que remplace le système cohérent et logique créé pour faciliter les calculs de Mécanique. » Il ajoute : « que tout d'abord le symbole HP soit sévèrement proscrit de toutes les publications techniques ».

Nos lecteurs se souviennent peut-être que dans notre chronique du 30 mai de cette année [1], nous arrivions, sous une forme un peu différente, aux mêmes conclusions. Nous faisions observer que, contrairement à une opinion très répandue, le kilogrammètre n'a aucune existence légale, même en France, car le kilogramme n'est pas, d'après les textes législatifs, une unité de mesure de la force, mais une unité de mesure de la masse; le cheval-vapeur français qui, par définition, vaut 75 kilogrammètres : seconde ne peut donc avoir une existence légale, et, s'il est utilisé dans divers actes législatifs, c'est à tort qu'il s'y trouve. Nous ajoutions que nous n'avons jamais compris pourquoi la plupart des ingénieurs désignent abréviativement le cheval-vapeur par le symbole HP du horse-power des Anglais, puisque cette dernière unité de puissance est supérieure au cheval-vapeur de 1,3 pour 100 environ. Enfin, nous critiquions l'usage du poncelet qui a certes sur le cheval-vapeur l'avantage d'être une unité dérivée décimale, mais qui, si l'on veut être logique jusqu'au bout, présente l'inconvénient de n'avoir pas non plus d'existence légale puisqu'il dérive du kilogrammètre. Et nous concluions en disant que la seule unité de puissance qui soit à la fois légale et logique est le kilowatt.

Les idées que nous exposions il y a 6 mois se trouvaient donc en parfait accord avec celles que développe M. Guillaume dans son article. En réalité, la chose n'a rien d'extraordinaire, car, dans notre chronique, nous citions précisément quelques écrits antérieurs de M. Guillaume pour appuyer notre argumentation.

Beaucoup de nos lecteurs en concluront que, du moment que nous sommes d'accord avec M. Guillaume, il est inutile de revenir sur le sujet. Ce n'est pas notre avis, car, bien que notre Chronique du 30 mai ait eu pour conséquence (on a bien voulu nous le dire, peut-être uniquement pour nous faire plaisir) de faire adopter le kilowatt comme unité de puissance dans la rédaction des textes législatifs ayant trait aux usines hydrauliques, elle n'a pas encore fait disparaître les majestueux HP en ronde ou

[1] *La Revue électrique*, t. XI, 30 mai 1909, p. 361.

en gothique qui ornent les plans des ingénieurs et qui ont la prétention de signifier cheval-vapeur.

Aussi, à la recommandation de M. Guillaume de proscrire sévèrement le symbole HP des revues techniques, ajouterons-nous le vœu de le voir proscrire aussi des bureaux de dessin où quelques-uns des dessinateurs le copient sans en connaître la signification exacte.

Comme le disait notre regretté confrère et ami Hospitalier : « Il faut, en matière d'unités ou de symboles, souvent frapper sur le même clou. » Nous suivons son conseil.

***

Il y a deux ans environ, la Société des Électriciens allemands et l'Union des Usines d'Électricité fixaient par un règlement les limites supérieures de l'intensité des courants qu'on peut normalement faire circuler dans un câble sous plomb posé dans un caniveau, tiré dans une conduite ou simplement enfoui dans le sol. Ces valeurs limites étaient calculées d'après les résultats, tant expérimentaux que théoriques, de Passavant, Uppenborn, Humann et Teichmuller [1], en partant de cette condition que la température de l'âme du câble, supposé enfoui à une profondeur de $0^{m},70$, ne doit pas surpasser de plus de 25° celle du sol mesurée à la même profondeur que le câble et à 2^{m} de celui-ci.

L'échauffement des câbles dépendant nécessairement de l'épaisseur de la couche isolante qui recouvre l'âme, et cette épaisseur dépendant à son tour de la tension, les valeurs limites de l'intensité doivent varier avec la tension des courants transmis. Faute de données suffisantes au moment de leur élaboration, les règlements allemands n'envisagent que les tensions inférieures à 700 volts en continu et à 10 000 volts en alternatif. Des essais récents faits par M. Lichtenstein, essais qui sont relatés page 413, viennent apporter une nouvelle contribution au sujet en ce qui concerne les câbles construits pour tensions alternatives supérieures à 10 000 volts. Comme on le verra, et comme on devait d'ailleurs s'y attendre, la limite de l'intensité normale décroît assez vite à mesure qu'augmente la tension pour laquelle a été construit le câble. Ainsi un câble de 35^{mm^2} de section de cuivre peut conduire un courant normal de 210 ampères si l'épaisseur de sa couche isolante est de 2^{mm} et 168 ampères seulement si cette épaisseur devient $5^{mm},1$; un câble à trois conducteurs de 80^{mm^2} de section chacun peut supporter 190 ampères s'il est construit pour 10 000 volts et 150 ampères seulement si l'épaisseur de l'isolant est portée à 17^{mm}.

(1) Teichmuller, *Théorie de l'échauffement des câbles* (*La Revue électrique*, t. III, 15 janvier 1905, p. 14).

***

Le calcul des chutes de tension dans un système triphasé à quatre fils offre actuellement un intérêt pratique considérable. C'est qu'en effet, en même temps que se développaient les lignes de transmission par courant triphasés, le système de distribution à quatre fils se répandait de plus en plus en raison du fait que, pour une tension déterminée à maintenir aux bornes des récepteurs, c'est ce système de distribution qui procure la plus grande économie de cuivre à égalité de chute de tension en ligne.

Malheureusement, à côté de cet avantage primordial, le système triphasé à quatre fils présente un inconvénient grave : il est difficile, on peut même dire pratiquement impossible de maintenir l'équilibre des trois phases et de ce défaut d'équilibre résultent des chutes ou des surélévations de tension importante aux bornes des récepteurs.

Pour essayer d'atténuer ces variations de tensions il convient tout d'abord de prédéterminer les valeurs de ces variations pour les diverses conditions d'exploitation qui peuvent se rencontrer en pratique. De nombreuses études théoriques ont été faites dans ce sens, et au cours même de cette année divers articles sur ce sujet ont été publiés dans ce Journal [1].

Mais dans toutes ces études, dont la plupart ne traitent que des cas particuliers, c'est toujours la méthode graphique qui est utilisée. Or, cette méthode ne présente pas une exactitude suffisante pour ce genre d'études, car les chutes de tension généralement admises ne dépassent pas 2 ou 3 pour 100, et, pour que ces chutes soient représentées par des vecteurs de longueur appréciable, il faut faire des tracés à très grande échelle, qu'il est difficile d'exécuter rigoureusement.

Une étude analytique du problème dans toute sa généralité est donc de beaucoup préférable. C'est une étude de ce genre qu'a faite M. Scoumanne dans une communication présentée à la Société belge d'Électriciens et dont une analyse étendue est donnée pages 418 à 426. L'auteur s'est servi du procédé de calcul de Steinmetz basé sur les imaginaires, et il est parvenu ainsi à des formules relativement simples dont il montre l'application sur des exemples concrets en se plaçant successivement dans deux hypothèses : le circuit primaire du transformateur alimentant le système de distribution est

(1) Signalons particulièrement l'article de M. A. Guyau, *Chutes et surélévations de tensions sur les trois ponts, inégalement chargés, d'une transmission triphasée à quatre fils* (*La Revue électrique*, t. XI, 28 février 1909, p. 135).

monté en étoile, ou bien il est monté en triangle.

Des résultats numériques obtenus par M. Scoumanne découlent plusieurs conséquences importantes. L'une d'elles est que le montage en étoile simple du circuit primaire doit être rejeté en pratique comme donnant lieu à des variations trop considérables de la tension en cas de déséquilibrage des phases. Une seconde conséquence est que ces variations de tension sont à peu près aussi bien atténuées par l'addition au circuit primaire monté en étoile d'un fil neutre ou par un bobinage en triangle de ce circuit primaire; toutefois cette dernière solution conduit à des résultats un peu plus favorables que l'autre et elle a en outre sur celle-ci le grand avantage d'éviter une canalisation primaire à quatre fils; elle doit donc être préférée en pratique. D'autres conséquences intéressantes relativement à l'effet des moteurs asynchrones ou synchrones placés sur le réseau de distribution peuvent également être déduites du travail de M. Scoumanne; on les trouvera page 425.

On verra, par la lecture de la dernière partie de ce travail, que, si la méthode analytique est d'une application laborieuse dans le cas général, elle se simplifie énormément dans le cas où, comme dans les méthodes graphiques utilisées jusqu'ici, on néglige les pertes primaires; elle devient alors plus simple que les méthodes graphiques, tout en fournissant une approximation généralement suffisante pour la pratique.

***

Dans un article analysé page 427, M. Mirabelli, inspecteur central des télégraphes italiens, rend compte des expériences qui ont été faites par l'administration italienne pour déterminer la nature des **perturbations produites par la traction électrique sur les lignes télégraphiques** et indique les mesures qu'elle a prises pour remédier à ces perturbations.

Ces expériences ont été faites le long des lignes à traction triphasée reliant Lecco à Sondrio et à Chiavenna et de la ligne à courant continu Milan-Gallarate-Porto Ceresio. Avec cette dernière on n'eut pas à constater de perturbations gênantes pour le service, malgré la proximité des conducteurs qui amènent aux sous-stations de transformation les courants triphasés à 13000 volts, mais on dut établir à double fil les lignes télégraphiques longeant les voies des chemins de fer de la Valteline.

Les expériences que rapportent M. Mirabelli montrent que les perturbations sont principalement dues à l'induction électromagnétique, celles dues à l'induction électrostatique étant insignifiantes et celles qui proviennent des dérivations du courant de retour n'étant pas gênantes en raison de leur peu de durée.

Pour relier les tronçons de lignes télégraphiques équipées avec double fil aux deux autres parties de ces lignes, on employa tout d'abord des translateurs établis dans chacun des postes qui limitent les tronçons à double fil. Récemment, on a supprimé l'un des postes de translateurs et, par conséquent, réduit de moitié le nombre de ceux-ci sans qu'il en résultât d'inconvénients.

L'équipement des lignes télégraphiques avec double fil présentant des inconvénients tant à cause de l'augmentation du prix d'établissement que des difficultés d'entretien, l'auteur examine quelles solutions il conviendra d'employer pour pouvoir continuer à utiliser les lignes à un fil lorsque l'électrification des chemins de fer se sera développée. Celle qui consisterait à placer les lignes télégraphiques à une distance assez grande des voies ferrées pour qu'il ne s'y produise pas de perturbations ne peut être pratiquement envisagée, car la distance devrait être d'au moins 800^m, et dès lors on perdrait tous les avantages que présente la proximité actuelle des lignes télégraphiques et des voies ferrées pour le relèvement rapide des dérangements, l'entretien et la réparation des lignes. Peut-être y aurait-il moyen d'éliminer les courants d'induction par une disposition convenable de condensateurs et de bobines d'inductance, mais l'auteur n'ose se prononcer sur la possibilité d'une solution de ce genre. Une autre solution qu'il envisage est le remplacement des lignes aériennes par des câbles à fils multiples placés le long des voies, solution qui présenterait en outre l'avantage de soustraire les lignes télégraphiques aux effets des tempêtes. Enfin, se basant sur les résultats obtenus avec les lignes de traction à courant continu ou à courants triphasés avec trois fils secondaires, l'auteur préconise une réglementation imposant aux chemins de fer l'exploitation par courant continu ou, à la rigueur, par courants alternatifs, mais alors avec interdiction de l'utilisation de la terre comme conducteur de retour. Bien que l'auteur ne le dise pas, il est bien probable que c'est cette solution qui lui paraît préférable à toutes les autres, car dans la lutte entre les courants industriels et les courants télégraphiques, entre les courants forts et les courants faibles, ce n'est jamais jusqu'ici le plus fort qui a dicté la loi. Espérons néanmoins que les nouveaux essais que, d'après l'auteur, le gouvernement italien se propose d'effectuer, donneront une solution autre que cette dernière et que, pour protéger les réseaux télégraphiques, on ne viendra pas, une fois de plus, entraver l'essor d'une nouvelle application de l'électricité.

J. Blondin.

UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ.

Siège social : boulevard Haussmann, 63, Paris. — Téléph. : 276-35.

Syndicats adhérents à l'Union : Syndicat des forces hydrauliques, de l'électrométallurgie, de l'électrochimie et des industries qui s'y rattachent; Syndicat professionnel des industries électriques; Syndicat professionnel des industries électriques du Nord de la France; Syndicat professionnel de l'industrie du gaz (Usines électriques du); Syndicat professionnel des usines d'électricité.

UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ.

Vingt-troisième Bulletin bimensuel de 1909.

SYNDICAT PROFESSIONNEL DES INDUSTRIES ÉLECTRIQUES.

Siège social : rue Saint-Lazare, 11.

Téléphone : 238-60.

Vingt-troisième Bulletin bimensuel de 1909.

Annuaire du Syndicat pour 1910.

En vue de la publication de l'*Annuaire du Syndicat pour 1910*, les Établissements adhérents et les adhérents en nom personnel sont instamment priés de faire parvenir, avant le 1er janvier, au Secrétariat général du Syndicat, 11, rue Saint-Lazare, les modifications et indications nouvelles qu'ils désirent voir insérer en ce qui les concerne.

Concession pour l'éclairage électrique de la ville de Bourgas (Bulgarie).

La Municipalité de Bourgas vient d'ouvrir un concours auquel seront admis tous les industriels ou constructeurs désirant obtenir la concession pour l'éclairage de la ville de Bourgas par l'électricité.

La durée de cette concession est fixée à 40 années, et, à l'expiration de ce délai, la concession fera retour à la Municipalité qui prendra possession, à titre gratuit, des installations et appareils existants ainsi que des machines et accessoires, installations fixes et matériel mobile nécessaires à l'exploitation.

Comme garantie de l'exécution de ses engagements, le concessionnaire sera tenu de déposer, lors de la présentation de son offre, un cautionnement de 50000fr, et, au cas où ce dépôt viendrait à être diminué du fait d'amendes contractées par le concessionnaire, la Municipalité aura le droit de retenir 10 pour 100 des sommes provenant de l'exploitation jusqu'à reconstitution du dépôt primitif.

Le concessionnaire sera tenu également de remettre à la Municipalité, au plus tard le 27 mars de chaque année, les rapports détaillés, relevés de comptes et inventaire pour l'exercice écoulé.

L'éclairage comprend l'exécution des installations pour l'éclairage des rues, places, hôtel municipal, casernes et habitations privées.

En outre, le concessionnaire aura à sa charge les frais de fourniture et mise en place des canalisations et branchements, ainsi que la fourniture et la pose des candélabres ou supports, lampes à arc et à incandescence, régulateurs et réflecteurs.

Enfin, sera déclaré adjudicataire celui des soumissionnaires qui aura offert les plus bas prix par kilowattheure d'énergie électrique.

Les industriels et constructeurs français qui désireraient prendre part à ce concours pourront consulter le cahier des charges relatif à cette adjudication, tous les jours non fériés, de 10h à midi et de 2h à 5h, à l'Office national du Commerce extérieur, 3, rue Feydeau, à Paris (2e).

En outre, les intéressés pourront prendre connaissance d'une série d'observations relatives aux charges imposées au concessionnaire.

(*Communication de l'Office national du Commerce extérieur.*)

Droits de douane sur les pièces accessoires de dynamos importées en Espagne.

Par suite d'une ordonnance de la Direction générale des Douanes, à Madrid, les pièces accessoires des dynamos devront payer, suivant leur poids, les droits stipulés aux articles 525 et 526 du tarif en vigueur, lorsqu'elles sont importées seules.

Si lesdites pièces sont importées avec l'appareil dont elles dépendent, elles devront payer les droits stipulés pour l'appareil, mais sans s'y accumuler si le tout forme une seule expédition.

Bibliographie.

MM. les membres adhérents peuvent se procurer au Secrétariat général :

1° Les statuts du Syndicat;
2° Les annuaires du Syndicat;
3° La collection complète des Bulletins;

4° Les numéros séparés dont ils auraient besoin pour compléter leur collection;

5° Les instructions concernant les conditions d'établissement des installations électriques dans l'intérieur des maisons;

6° Les instructions générales pour la fourniture et la réception des machines et transformateurs électriques (*ces instructions sont actuellement en revision*);

7° La série de prix des travaux d'électricité établie par le groupe des Chambres syndicales du bâtiment et des industries diverses et le Syndicat Professionnel des Industries électriques (édition de 1907);

8° Le Rapport de M. Guieysse sur les retraites ouvrières;

9° Les affiches dont l'apposition est prescrite par les lois réglementant le travail (voir *Bulletin* de juin 1905);

10° Les affiches « Dangers de l'alcoolisme » et « Conseils pour éviter la tuberculose »;

11° L'affiche indiquant les secours en cas d'accidents dus aux conducteurs d'énergie électrique;

12° La loi du 15 juin 1906 sur les distributions d'énergie; les décrets, arrêtés et circulaires relatifs à l'application de cette loi;

13° La convention pour la concession de la distribution de l'énergie électrique dans Paris.

Liste des documents publiés dans le présent Bulletin à l'intention des membres du Syndicat Professionnel des Industries électriques.

SYNDICAT PROFESSIONNEL DES USINES D'ÉLECTRICITÉ.

Siège social : rue Tronchet, 27, Paris.

Téléphone : 225-92.

Vingt-troisième Bulletin bimensuel de 1909.

Extrait du procès-verbal de la séance de la Chambre Syndicale du 23 novembre 1909.

Présents: MM. Brylinski, président; Brachet, Cordier, Tainturier, vice-présidents; Fontaine, secrétaire général; Chaussenot, secrétaire adjoint; Beauvois-Devaux, trésorier; Azaria, Bizet, Cahen, Eschwège, Legouez, de Tavernier, Tricoche, Widmer.

Absents excusés: MM. Javal et Mondon.

En ouvrant la séance, M. le Président est heureux de souhaiter la bienvenue à M. Legouez, nouveau membre de notre Chambre Syndicale, qui veut bien nous apporter le concours de sa compétence et de son activité. M. le Président fait remarquer combien la collaboration de M. Legouez est précieuse en raison de sa haute personnalité et des intérêts considérables qui lui sont confiés.

M. Legouez remercie M. le Président de ses aimables paroles de bienvenue et donne à la Chambre l'assurance de tout son concours.

Nécrologie. — M. le Président a le regret de faire part à la Chambre Syndicale du décès de M. Léon-Auguste Janet, Ingénieur en chef au corps des Mines, rapporteur du projet de loi sur des distributions d'énergie, membre de la Commission des Travaux publics à la Chambres des Députés. M. le Président rappelle la place considérable qu'occupait M. Janet dans la réglementation des industries électriques en France et dans les questions de concessions, et il s'est associé à l'hommage des regrets qui lui ont été exprimés et a assisté aux funérailles.

M. le Président fait part à la Chambre Syndicale du décès de M. Édouard-Félix-Michel Lemoué, père de M. le Président du Tribunal de Commerce de la Seine.

Correspondance et travaux intérieurs. — M. le Secrétaire général indique qu'il a eu à communiquer l'avis du Comité consultatif relativement aux monopoles d'éclairage, à la traversée des voies ferrées, au caractère commercial ou civil des Sociétés, à l'emploi des lampes économiques, aux limiteurs de courant, aux frais de contrôle. Diverses questions ont été posées sur la réglementation de l'électricité dans les mines, les cahiers des charges types, les difficultés avec l'Administration des Postes et Télégraphes, les enseignes lumineuses, etc.

Le placement du personnel s'est continué dans de bonnes conditions. Sur 8 offres et 15 demandes tant anciennes que nouvelles, nous avons l'indication d'un placement comme réalisé et d'autres qui le seront incessamment.

Admissions. — M. le Président donne la parole à M. le Secrétaire général pour faire part des demandes d'adhésion et proposer les admissions.

Participation syndicale. — M. le Président fait part à la Chambre Syndicale de la difficulté qui se présente heureusement rarement du fait qu'une Société non adhérente se contente, pour recourir aux bons offices du Syndicat, d'être représentée par un seul de ses administrateurs, sans coopérer par aucune subvention aux charges syndicales. Diverses mesures ont été prises par le Secrétariat pour éviter le retour de semblables difficultés. M. le Président prie la Chambre Syndicale de sanctionner ces mesures en leur donnant son approbation.

La Chambre Syndicale approuve entièrement ces mesures et profite de cette occasion pour affirmer d'une manière très catégorique que les charges doivent être supportées par tous les adhérents du Syndicat, en observant strictement les statuts et la part de frais qui peut incomber à chacun.

Organisation des nouvelles Commissions. Commission des canalisations souterraines. — M. Widmer, président de cette Commission, propose pour en faire partie les personnes suivantes : MM. Tainturier, Drouin, Legouez, Renou, Bitouzet, Paré, Schlumberger, Char-

tier, André Léauté et un membre de l'Ouest-Lumière.

La Chambre Syndicale donne son assentiment à cette liste, qui pourra d'ailleurs être complétée ultérieurement; elle permet, en tous cas, à la Commission de commencer immédiatement ses travaux.

COMMISSION D'ÉTUDE DES QUESTIONS NOUVELLES. — M. de Tavernier, président de cette Commission, indique que l'organisation n'est pas encore définitivement arrêtée et demande de reporter à une prochaine séance la communication à faire à cet égard.

MACHINES ET TRANSFORMATEURS ÉLECTRIQUES. — M. le Président indique qu'à la suite d'une réunion de la Commission intersyndicale qui a eu lieu il y a quelques jours, il y a toute chance d'aboutir prochainement à une rédaction commune.

DOCUMENTS OFFICIELS. — M. le Secrétaire donne connaissance de la loi prorogeant la date des échéances lorsque le 1er novembre sera un lundi (*Journal officiel* du 30 octobre 1909).

Il indique que la Commission sénatoriale chargée d'examiner le projet de loi, adopté par la Chambre des Députés, portant codification des lois ouvrières, a déposé, par l'organe de M. Strauss, un rapport supplémentaire dans la séance du jeudi 28 octobre.

M. Huet (Robert), Ingénieur des Ponts et Chaussées, a été nommé secrétaire adjoint rapporteur de la Commission des distributions d'énergie électrique (*Journal officiel* du 16 novembre 1909).

Le *Journal officiel* du 27 octobre 1909 donne la composition de la Commission sénatoriale chargée de l'examen du projet de loi relatif aux usines hydrauliques établies sur le domaine public. Cette Commission est ainsi composée : M. Defumade, président, M. Guillaume Poulle, secrétaire; MM. Pierre Baudin, Pélissier, Besnard, Lucien Cornet, Ranson, Bassinet, Savary, membres.

La suppression des Conseils de préfecture a été proposée dans un rapport déposé à la Chambre des Députés par M. Rigal le 9 juillet 1909.

Une proposition de loi sur le monopole des assurances par l'État a été présentée par M. Couderc, député, le 12 juillet 1909.

CONSEIL SUPÉRIEUR DU TRAVAIL. — Les séances du Conseil supérieur du Travail se sont poursuivies; elles ont trait principalement à la législation des Syndicats professionnels (*Journal officiel* des 11, 12, 14, 16, 17, 18, 19 novembre 1909). La proposition serait applicable aux Unions d'associations professionnelles concernant la même profession ou des professions similaires ou connexes. Les associations régulièrement constituées pourraient ester en justice et pour les questions relatives au patrimoine de la personne morale comme pour la défense des intérêts économiques.

CHOIX DU FORMAT POUR LES RÈGLEMENTS. — La Chambre Syndicale adopte le même format qui a été choisi par l'Union.

EXPOSITION DES APPAREILS D'EMPLOI DU COURANT DE JOUR. — La Chambre Syndicale, après avoir pris connaissance de la lettre de M. Blondin du 31 octobre, et à la suite de l'exposé de cette question fait par M. le Président, décide que, devant l'incertitude du succès d'une semblable exposition et des frais qu'elle peut entraîner, il est préférable de s'abstenir.

UNION DES INDUSTRIES MÉTALLURGIQUES ET MINIÈRES. — M. le Secrétaire remet aux membres présents les documents suivants émanant de cette Union :

N° 420. — L'industrie nationale et les banques de province. Application des décrets du 10 août 1899 relatifs aux cahiers des charges et marchés passés au nom de l'État.

N° 423. — Questions sociales et ouvrières, revue du mois d'octobre.

COMITÉ DES FORGES DE FRANCE. — M. le Président indique qu'il a reçu du Comité des Forges une très intéressante Notice concernant M. de Nervo, président honoraire décédé du Comité des Forges.

COMITÉ ÉLECTROTECHNIQUE FRANÇAIS. — M. le Président rend compte de la réunion du 22 novembre de ce Comité, qui a eu lieu dans nos bureaux. Un premier fascicule a été remis aux membres du Comité, contenant les statuts, le règlement intérieur, la composition des Comités étrangers, etc.

Dans cette séance ont été examinés le dictionnaire, lettre A à E, et les symboles. Il a été décidé que le Comité électrotechnique souscrit un certain nombre d'exemplaires de la notice nécrologique de M. Mascart par M. Paul Janet et la communiquerait aux Comités électrotechniques internationaux.

FÉDÉRATION DES INDUSTRIELS ET DES COMMERÇANTS FRANÇAIS. — Les derniers Bulletins de cette Fédération sont communiqués à la Chambre Syndicale; ils contiennent des études sur les salaires, les cahiers des charges dans les marchés et adjudications publiques, sur la Banque de France et les institutions de crédit, sur la responsabilité des communes en cas d'émeutes, une étude de M. Sciama sur les retraites ouvrières et un rapport de M. Édouard Fuster sur le projet sénatorial des retraites ouvrières.

CHAMBRE DE COMMERCE DE PARIS. — M. le Président donne connaissance de la communication qui a été faite par la Chambre de Commerce de Paris relativement aux élections partielles et complémentaires de son Bureau.

Il est également donné connaissance de la lettre de cette même Chambre communiquant une Notice du Conseil municipal de Lucknow pour la fourniture de l'énergie électrique dans les limites de cette ville, pour l'éclairage et la force motrice. Les propositions seront reçues jusqu'au 31 décembre.

DEMANDE D'ÉCHANGE DE PUBLICATIONS. — La Chambre Syndicale autorise l'échange des publications avec l'Université de l'Illinois.

BIBLIOGRAPHIE. — M. le Président rend compte des Bulletins nos 4, 5, 6 et 7 de 1909 de l'Office international du Travail, qui contiennent des données fort intéressantes relativement à la législation du travail.

Liste des nouveaux adhérents depuis le 1er décembre 1909.

Membre actif.

M.

MARTIN (Lucien), Ingénieur à la Compagnie continentale Edison et à la Société d'éclairage et de force

par l'électricité, 40, boulevard Ornano, Paris, présenté par MM. Eschwège et E. Fontaine.

Membre correspondant.

M.

HOREL (Léon-Gabriel), Électricien, 44, rue Gassendi, Paris, présenté par MM. Lacôme et E. Fontaine.

Compte rendu bibliographique.

Il sera fait mention de tous les Ouvrages d'intérêt général relatifs aux Associations comme aussi de tous les Livres techniques utiles pour les applications du courant électrique dont on fera parvenir deux exemplaires au Syndicat Professionnel des Usines d'Électricité.

Bibliographie.

1° Collection reliée des Bulletins des années 1896 à 1899 (Tome I).

2° Collection reliée des Bulletins des années 1900 et 1901 (Tome II).

3° Collection reliée des Bulletins des années 1902 et 1903 (Tome III).

4° Collection reliée des Bulletins de l'année 1904 (Tome IV).

5° Collection reliée des Bulletins de l'année 1905 (Tome V).

6° Collection reliée des Bulletins de l'année 1906 (Tome VI).

7° Collection reliée des Bulletins de l'année 1907 (Tome VII).

8° Loi et décrets du 9 avril 1898 sur les accidents du travail.

9° Loi du 22 mars 1902 complétant celle du 9 avril 1898 dont la connaissance doit être donnée aux ouvriers par l'affichage dans les ateliers. Il y a lieu pour les membres adhérents de se pourvoir d'affiches répondant à ces nécessités.

Selon les préférences, le Secrétariat peut remettre aux adhérents soit la loi du 22 mars 1902 isolée, soit la loi du 9 avril 1898 remaniée et mise au point. Cette deuxième affiche est plus chère que la première.

10° Circulaire ministérielle du 19 août 1895 : secours à donner aux personnes foudroyées (*courants continus*).

11° Circulaire ministérielle du 19 août 1895 : secours à donner aux personnes foudroyées (*courants alternatifs*).

12° Études sur l'administration et la comptabilité des usines électriques, par A.-C. Ray.

13° Instructions pour l'entretien et la vérification des compteurs, à courant continu et à courant alternatif.

14° Rapport de la Commission des Compteurs, présenté au nom de cette Commission, par M. Rocher, au Congrès du Syndicat, le 13 juin 1903 (document strictement personnel et confidentiel réservé aux seuls membres du Syndicat).

15° Rapport fait au nom de la Commission chargée d'examiner le projet de loi sur les distributions d'énergie, par M. A. Berthelot, député.

16° Projet de loi relatif aux usines hydrauliques sur les cours d'eau non navigables ni flottables, présenté au nom de M. Émile Loubet, Président de la République française, par M. Léon Mougeot, Ministre de l'Agriculture.

17° Projet de loi tendant à autoriser la Ville de Paris à emprunter une somme de 120 millions et à organiser le service du gaz, présenté au nom de M. Émile Loubet, Président de la République française, par M. E. Combes, Président du Conseil, Ministre de l'Intérieur et des Cultes.

18° Note sur la traction électrique des chemins de fer, par M. le Dr Tissot (Congrès du Syndicat, 1903).

19° Conférence de M. Chaumat sur la Télégraphie sans fil (Congrès du Syndicat, 1904).

20° Rapport fait au nom de la Commission de l'Administration générale, départementale et communale, des cultes et de la décentralisation, chargée d'examiner le projet de loi tendant à autoriser la Ville de Paris à emprunter une somme de 120 millions et à organiser le service du gaz, par M. Émile Morlot, député.

21° Renseignements et avis pour la Commission préfectorale chargée d'étudier le régime futur de l'électricité à Paris.

22° Procès-verbal de la séance du 24 octobre 1904 de la Commission d'organisation du régime futur de l'électricité à Paris.

23° Rapport de M. Ch. Prevet, sénateur, fait au nom de la Commission chargée d'examiner le projet de loi, adopté par la Chambre des Députés, tendant à autoriser la Ville de Paris à emprunter une somme de 120 millions et à organiser le service du gaz.

24° Proposition de loi présentée par M. Janet sur les distributions d'énergie.

25° Étude présentée par M. Lauriol, ingénieur en chef des services généraux d'éclairage, à la Sous-Commission du régime futur de l'Électricité à Paris, en date du 26 novembre 1904.

26° Note de M. Blondel, du 12 décembre 1904, et Note de la maison Brown-Boveri pour la Commission du régime futur de l'électricité à Paris.

27° Rejet par le Sénat de la régie du gaz à Paris (séances des 21 et 23 février 1905).

28° Loi du 9 avril 1898, modifiée le 31 mars 1905, concernant la responsabilité des accidents dont les ouvriers sont victimes dans leur travail.

29° Deuxième Rapport présenté par M. Morlot sur le projet de loi tendant à autoriser la Ville de Paris à emprunter une somme de 120 millions et à organiser le service du gaz.

30° Rapport de la Commission des Compteurs relatif aux réponses des constructeurs de compteurs aux desiderata qui leur ont été soumis par la Commission (réservé aux exploitants d'usines électriques).

31° Modèle type de bulletin de commande de compteurs.

32° Compte rendu *in extenso* des séances de la Chambre des Députés des 31 octobre, 6, 8, 10 et 13 novembre 1905 (la question du gaz à Paris).

33° Compte rendu *in extenso* de la séance du Sénat du 14 décembre 1905 (la question du gaz à Paris).

34° Compte rendu *in extenso* des séances du Conseil municipal des 15 et 31 décembre 1905 (la question du gaz à Paris).

35° Décret sur l'hygiène et la sécurité des travailleurs dans les établissements mettant en œuvre des courants électriques (affiches).

36° Loi sur les distributions d'énergie électrique, 15 juin 1906. (Brochure.)

37° Loi sur les distributions d'énergie électrique, 15 juin 1906 (brochure complémentaire).

(*Adresser les commandes à M. le Secrétaire général.*)

Liste des documents publiés dans le Bulletin à l'intention des membres du Syndicat Professionnel des Usines d'Électricité.

Législation : Décret du Ministre des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes portant approbation du cahier des charges pour la concession par l'État d'une distribution d'énergie électrique aux services publics, p. 434.

Chronique financière et commerciale. — Convocations d'Assemblées générales, p. 439. — Nouvelles Sociétés, p. 439. — Société indo-chinoise d'Électricité, p. 439. — Avis, p. 440. — Demandes d'emplois, *voir* aux annonces, p. XIX.

TRANSMISSION ET DISTRIBUTION.

CANALISATIONS.

Recherches sur l'échauffement des câbles, par LÉON LICHTENSTEIN (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXX, 29 avril 1909, p. 389). — L'industrie construit aujourd'hui couramment des câbles pour des tensions de 40000 volts et au delà. Ces hautes tensions exigeant une épaisseur d'isolant plus grande, il est intéressant de savoir quel courant ils peuvent supporter sans que leur température dépasse de 25° l'ambiante, conformément aux règles allemandes qui ne s'appliquent qu'à des tensions maxima de 10000 volts. L'auteur a essayé de combler cette lacune par des expériences très soignées. A cet effet, il a fait creuser dans la cour des ateliers Siemens-Schuckert, de Berlin, une tranchée en forme de boucle, dont les extrémités se trouvaient en face du laboratoire d'essais; des dérivations établies 2^m avant les bouts des câbles pénétraient dans la salle de mesures où l'on pouvait relever le courant et la tension, et, par suite, en déduire la résistance du conducteur considéré. Dans la plupart des mesures en courant continu, l'énergie était empruntée à un réseau à 110 volts avec interposition d'une résistance réglable; quelquefois seulement on a eu recours à une génératrice à grande intensité, 1000 ampères et 7 volts. Les câbles essayés étaient, pour la plupart, constitués par des conducteurs en fer; cette particularité n'était pas un inconvénient, puisque, à courant égal, l'échauffement est plus considérable dans un conducteur en fer que dans un conducteur en cuivre de même section ou, autrement dit, à échauffement égal, le fer demande un courant trois fois plus faible et donne une chute de tension trois fois plus grande.

Nous reproduisons ci-dessous les constantes de ces câbles dans l'ordre où ils étaient placés dans la tranchée de gauche à droite.

I. Câble triple 3×44. Les conducteurs sont ronds et constitués par des fils de cuivre disposés autour d'un noyau de jute.

Diamètre extérieur de l'enveloppe de plomb ..	90^{mm}
» intérieur » » ..	82^{mm}
Épaisseur de l'isolant entre conducteurs et plomb ...	16^{mm}
Épaisseur de l'isolant entre conducteurs	18^{mm}
Diamètre extérieur des conducteurs	14^{mm}
Section du cuivre ...	44^{mm^2}

II. Câble triple, conducteurs formés de fils de cuivre et fer, de section elliptique de 25^{mm^2}.

Diamètre extérieur de l'enveloppe de plomb ..	65^{mm}
» intérieur » » ..	58^{mm}
Épaisseur de l'isolant entre conducteurs et plomb ...	14^{mm}
Épaisseur de l'isolant entre conducteurs	15^{mm}
Section du métal ...	50^{mm^2}
Section de cuivre équivalente ...	$28^{mm^2},3$

III. Câble simple, conducteurs en fils de cuivre disposés sur un noyau de jute.

Diamètre extérieur de l'enveloppe de plomb ..	62^{mm}
» intérieur » » ..	55^{mm}
Épaisseur de l'isolant ...	17^{mm}
Diamètre extérieur du conducteur ...	22^{mm}
Section de cuivre ...	70^{mm^2}

IV. Câble triple, conducteurs en fils de fer.

Diamètre extérieur de l'enveloppe de plomb ..	54^{mm}
» intérieur » » ..	47^{mm}
Épaisseur de l'isolant entre conducteurs et plomb ...	10^{mm}
Épaisseur de l'isolant entre conducteurs ...	10^{mm}
Diamètre extérieur des conducteurs ...	8^{mm}
Section du métal ...	$36^{mm^2},4$
Section de cuivre équivalente ...	$4^{mm^2},8$

V. Câble simple armé, conducteur en fil de fer.

Diamètre extérieur de l'enveloppe de plomb ..	21^{mm}
» intérieur » » ..	$17^{mm},5$
Épaisseur de l'isolant ...	5^{mm}
Diamètre extérieur du conducteur ...	$7^{mm},5$
Section du métal ...	35^{mm^2}
Section de cuivre équivalente ...	$4^{mm^2},2$

VI. Câble simple, conducteur en fil de fer.

Épaisseur de l'isolant ...	5^{mm}
Section ...	35^{mm^2}

VII. Câble simple, conducteur en cuivre.

Épaisseur de l'isolant ...	5^{mm}
Section ...	35^{mm^2}

VIII. Câble simple, conducteurs en fil de fer.

Épaisseur de l'isolant ...	$5^{mm},1$
Section ...	35^{mm^2}

La figure 1 donne une coupe schématique de la tran-

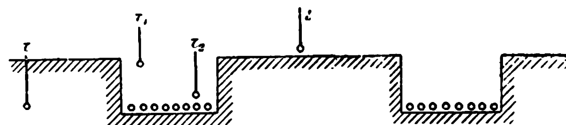


Fig. 1. — Coupe schématique de la tranchée.

chée de 1^m de largeur; les câbles étaient posés à 7^{cm} les uns des autres entre plombs sur une couche de sable sec, à une profondeur de 75^{cm}. Par-dessus, on avait jeté une autre couche de sable de 10^{cm} d'épaisseur, et l'on terminait le remplissage avec de la terre. La température ambiante était indiquée par le thermomètre τ enfoui à 2^m de la tranchée; on creusait un trou de 3^{cm} de diamètre et 75^{cm} de profondeur; on y laissait descendre le thermomètre au bout d'une ficelle, puis on

garnissait de sable. Après chaque lecture, il fallait naturellement rafraîchir le trou avec une baguette. Le thermomètre τ_2 était placé immédiatement au-dessus des câbles, le thermomètre τ_1 à 15^{cm} au-dessous du niveau du sol; ces deux appareils permettaient de constater l'influence de la chaleur dégagée dans les câbles sur la température du sol; enfin t donnait la température de l'air.

Pour τ, l'indication moyenne a été 15° C., minimum 6° et maximum 16° C. Ses variations, dans le cours d'une expérience, n'ont pas dépassé 0°,5; celles de t, par contre, ont atteint jusqu'à 6°. La plus grande différence entre t et τ a été 18° C.

Comme la plupart des câbles étaient constitués par des conducteurs en fer, il était important de faire précéder les essais sur l'échauffement d'une détermination exacte de la résistance en fonction de la température, et de construire une courbe avec les températures comme abscisses et les résistances par kilomètre comme ordonnées.

Pour cela, le câble VIII était plongé dans une cuve remplie d'eau chauffée par de la vapeur et maintenue d'abord à 70°. On faisait les mesures quand deux thermomètres plongés dans le bain pendant 30 minutes n'éprouvaient plus aucune variation; la résistance et la température mesurées donnaient un premier point de la courbe; pour obtenir les autres, on laissait refroidir le bain et on procédait aux mesures avec les mêmes précautions. La figure 2 montre la courbe ainsi obtenue;

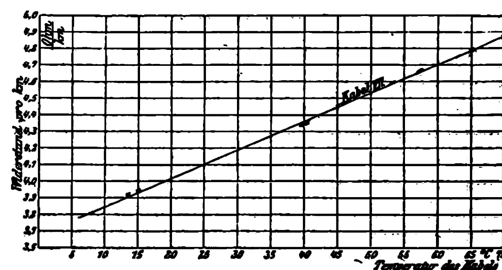


Fig. 2. — Courbe des résistances par kilomètre du câble VIII en fonction de la température.

on en déduit, pour le coefficient de température du fer, le nombre 0,00436. Ce coefficient n'a d'ailleurs pas été utilisé dans les expériences actuelles; quand on avait fait une mesure de résistance, on calculait la tempé-
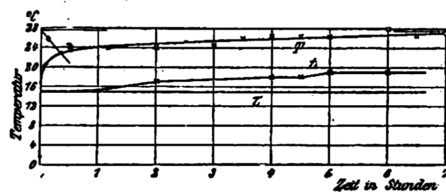


Fig. 3.

$J_e = 40$ ampères.

$T_m - \tau_m = 12°,6$ C. $T_m = 27°,6$ C. $\tau_m = 15°$ C.

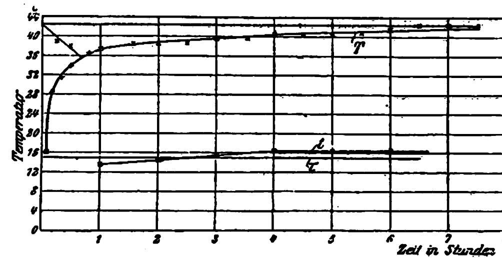


Fig. 4.

$J_e = 65$ ampères.

$T_m - \tau_m = 27°,4$ C. $T_m = 42°,4$ C. $\tau_m = 15°$ C.

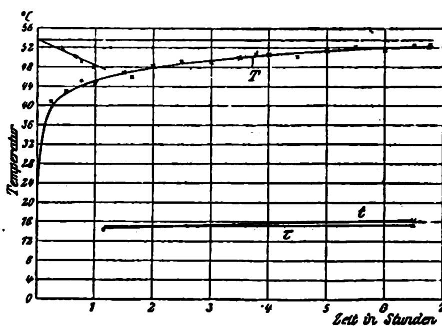


Fig. 5.

$J_e = 75$ ampères.

$T_m - \tau_m = 38°,2$ C. $T_m = 58°,6$ C. $\tau_m = 15°,4$ C.

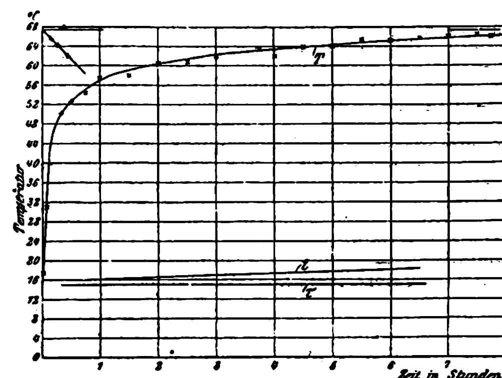


Fig. 6.

$J_e = 85$ ampères.

$T_m - \tau_m = 52°,5$ C. $T_m = 67°,5$ C. $\tau_m = 15°$.

Courbes d'échauffement du câble VIII : section 35^{mm^2}, épaisseur d'isolant, $5^{mm},1$.

rature correspondante du câble au moyen de la courbe. Soit 0,0173 ohm la résistance du cuivre par mètre et millimètre carré à 15° C.; la résistance d'un conducteur en cuivre de 1^{km} de longueur et 35^{mm^2} de section est égale à 0,495 ohm. La résistance kilométrique du câble VIII est de 3,94 ohms. Si l'on représente par J_e le courant qui traversait ce câble, on voit que le courant J_k, qui dégagerait la même quantité de chaleur dans un conducteur en cuivre d'égale section (35^{mm^2}), se déduit de la relation

$$J_k^2 \times 0,495 = J_e^2 \times 3,94,$$

$$J_k^2 = 7,96 J_e^2 \qquad \text{ou} \qquad J_k = 2,82 J_e.$$

Les figures 3, 4, 5 et 6 sont la traduction graphique des résultats obtenus avec le câble VIII soumis à différents régimes. Les temps en heures sont portés en abscisses et les températures centigrades en ordonnées.

Dans la figure 7, on a cherché à établir une relation entre les excès de température stationnaire et les carrés

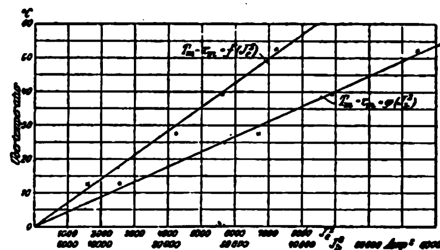


Fig. 7. — Relation graphique entre les excès de températures stationnaires et les carrés des intensités.

des intensités J_e^2, J_k^2. Ces courbes, comme on devait s'y attendre, sont des droites. A un excès de 25° correspond
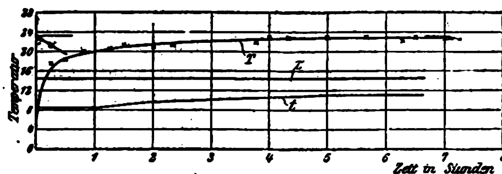


Fig. 8.
$J_t = 110$ ampères.
$T_m - \tau_m = 8°,7$ C. $T_m = 23°,2$ C. $\tau_m = 14°,5$ C.

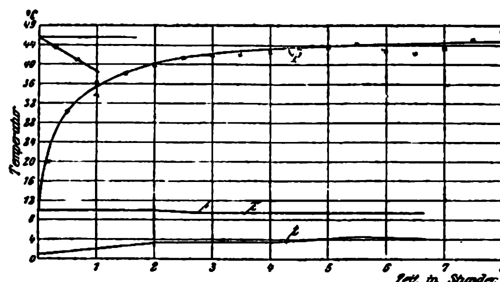


Fig. 9.
$J_k = 300$ ampères.
$T_m - \tau_m = 36°,1$ C. $T_m = 45°,6$ C. $\tau_m = 9°,5$ C.

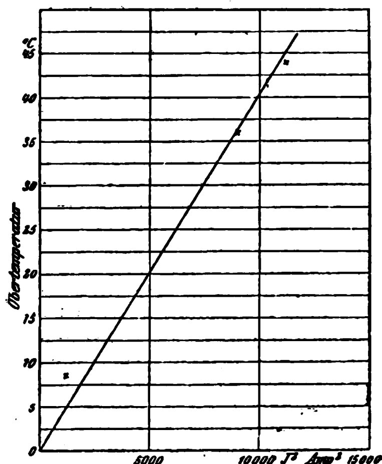


Fig. 11. — Courbe des excès de température en fonction du carré des intensités.

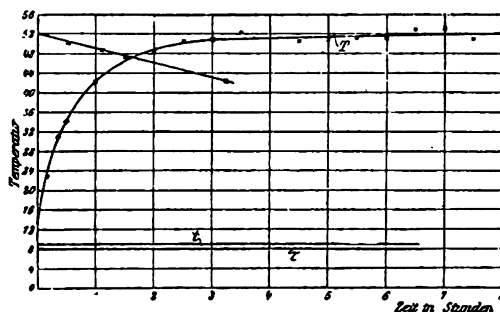


Fig. 10.
$J_k = 335$ ampères.
$T_m - \tau_m = 44°,2$ C. $T_m = 52°,2$ C. $\tau_m = 8°$ C.

Courbes d'échauffement du câble III :
section, 66^{mm^2}; épaisseur d'isolant, 17^{mm}; conducteurs enroulés sur un noyau de jute.

le courant normal de 168 ampères. Or, d'après les règlements allemands, les câbles à un conducteur de 35^{mm^2} de section construits pour 700 volts peuvent supporter 210 ampères. Ce courant, appliqué au câble VIII (en cuivre, courbe J_k), donnerait un excès de température de 39° C.

Les expériences sur le câble V armé ont eu pour but de déterminer l'influence de l'armure en fer sur l'échauf-

Courbes d'échauffement du câble IV à trois conducteurs en fer, section 35^{mm^2}.

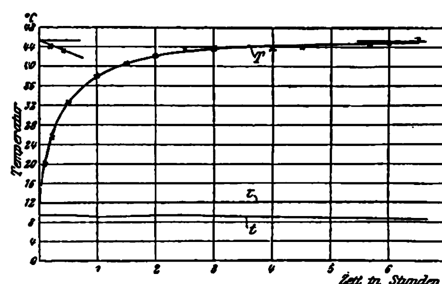


Fig. 12.

$J_e = 55$ ampères.

$T_m - \tau_m = 33°,2$ C. $T_m = 45°,2$ C. $\tau_m = 12°$ C.

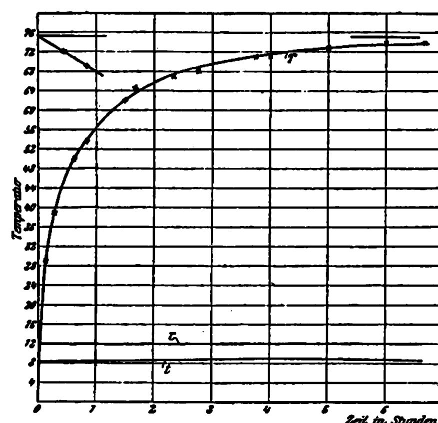


Fig. 13.

$J_e = 70$ ampères.

$T_m - \tau_m = 63°,2$ C. $T_m = 75°,2$ C. $\tau_m = 12°$ C.

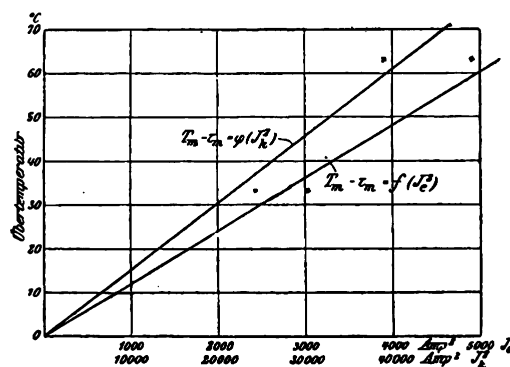


Fig. 14. — Relations entre les excès de températures et les carrés des intensités.

fement, les autres constantes de ce câble étant les mêmes que pour le câble VIII.

Une fois le régime stationnaire atteint, on a constaté un excès de température de 41°,3 C. au lieu de 38°,2 C. pour le câble VIII non armé.

L'auteur a ensuite poursuivi ses expériences par le câble III; on sait que celui-ci est constitué par des fils de cuivre enroulés sur un noyau de jute. Les courbes d'échauffement, correspondant à diverses charges, sont reproduites en figures 8, 9 et 10; et la courbe 11 donne les excès de température en régime stationnaire en fonction des carrés des intensités. On voit ainsi que, pour ne pas dépasser 25° C., il faut se borner à un courant normal de 250 ampères. Or les règlements allemands accordent jusqu'à 308 ampères comme charge normale d'un câble simple construit pour 700 volts; cet écart considérable montre le rôle énorme que joue l'épaisseur de l'isolant dans la capacité de charge d'un câble. D'autre part, nous avons indiqué que ce câble III ne répond pas à une fabrication courante, puisque les fils de cuivre sont répartis autour d'un noyau de jute qui porte sa surface géométrique à 300^{mm^2} pour 66^{mm^2} de métal. Cette circonstance favorise donc son refroidissement; en introduisant une correction convenable, l'auteur trouve, pour charge maxima, 213 ampères pour le câble non armé et 204 ampères pour le câble armé.

Les courbes des figures 12, 13 et 14 se rapportent au câble IV, à trois conducteurs, qui, pour les essais, avaient été connectés en série. De 14, on déduit que le courant devant traverser un conducteur en cuivre de 35^{mm^2} serait 128 ampères. Pour un câble triple construit pour 3000 à 10000 volts, les règlements limitent ce courant à 125 ampères.

Les essais suivants se réfèrent au câble I à trois conducteurs constitués par des fils de cuivre enroulés sur un noyau de jute; en tenant compte de cette dernière particularité, on trouve qu'un câble armé de 44^{mm^2} de section, avec un isolant de 16^{mm} à 18^{mm}, ne doit pas recevoir plus de 112 ampères. Les électriciens allemands ont fixé les limites à 143 ampères pour des câbles de 3000 à 10000 volts, 153 ampères pour les câbles au-dessous de 3000 volts. Notre câble, chargé à 143 ampères, prendrait un excès de température de 31°,5 C. non armé et 33°,5 C. environ s'il est armé; tandis que ce même câble sans l'âme en jute dépasserait de 40°,7 C. la température ambiante. Les câbles pouvant supporter 10000 volts maximum chargés à 153 ampères prendraient un excès maximum de 29° C. seulement. Ces comparaisons font ressortir la nécessité d'établir une table des charges pour les câbles triples destinés aux hautes tensions. Il n'y a pas lieu de tenir compte de l'échauffement très minime dû aux courants de Foucault dans l'enveloppe de plomb quand on alimente le câble par des courants triphasés ; on s'en tiendra donc aux valeurs obtenues en courant continu.

L'auteur propose donc, à titre de première approximation, les Tables suivantes, calculées en partant d'une seule valeur expérimentale, les autres étant déduites par interpolation des Tables publiées par la Société des Électriciens allemands.

I. — Table des charges pour câbles simples posés dans le sol avec une épaisseur d'isolant de 5mm.

Sections.	Courant normal. Câbles non armés.	Câbles armés.
mm²	amp	amp
16	104	100
25	136	130
35	168	161
50	208	200
70	256	246
95	308	295

II. — *Table des charges pour câbles triphasés armés posés dans le sol.*

Sections.	Courant normal.
mm²	amp
25	82
35	100
50	120
70	150
95	175
120	205

Les tensions qui pourront être appliquées à ces câbles en service normal dépendront de leur construction, des conditions d'exploitation du réseau et du coefficient de sécurité désiré.

En général, la tension normale variera entre 4000 et 7000 volts pour les câbles simples; entre 20000 et 30000 volts pour les câbles triples. Sur un réseau à courants alternatifs simples ou triphasés, on emploie toujours les câbles à un conducteur avec une enveloppe de plomb nue ou seulement asphaltée; c'est ce qui explique les deux colonnes de charges publiées pour ces câbles.

Les essais suivants ont eu pour but d'établir l'allure

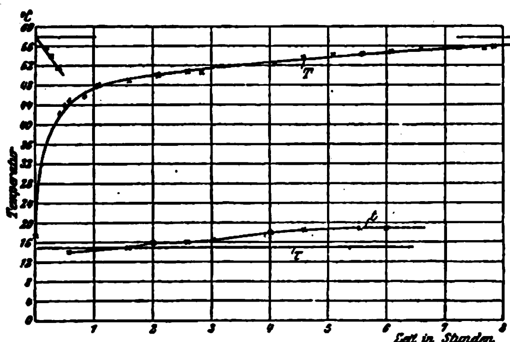


Fig. 15. — Courbe d'échauffement du câble VIII en série avec VI.

$J = 75$ ampères.

$T_m - \tau_m = 43°$ C. $\quad T_m = 58°$ C. $\quad \tau_m = 15°$ C.

des courbes d'échauffement de plusieurs câbles posés dans la même tranchée. En figure 15, les câbles VI et VIII fonctionnent en série avec une intensité de 75 ampères, soit 211 ampères si les conducteurs étaient en cuivre. Les températures étaient mesurées sur VIII seulement. Ici, l'excès maximum de température s'est élevé à 43° au lieu de 38°,2 de la figure 5. L'apport de chaleur, dû à la présence du câble VI, a donc fait monter la température de l'autre de 4°,8 C. Avec le courant normal (168 ampères si le conducteur était en cuivre) l'auteur a trouvé un excès de 27°,4 C. avec VI + VIII, tandis que la courbe de la figure 7 donne 24°,3 C. pour VIII fonctionnant seul, soit une différence de 3°,1 C, qui équivaut à un accroissement de courant d'environ 7 pour 100. Les deux câbles étaient distants de 21cm mesurés d'axe en axe; s'ils avaient été directement en contact, l'échauffement eût été certainement plus considérable. En connectant V, VI et VIII en série, le même courant de 75 ampères (211 pour le cuivre) a donné un excès maximum de 43°,5 au lieu de 43° comme ci-dessus. L'influence du câble V était donc à peine sensible. Enfin, on a mis tous les conducteurs en série et l'on y a fait passer un courant de 70 ampères. La figure 16 donne les courbes d'échauffement des câbles VIII et IV; on a, pour les excès maxima, 35°,7 et 73°,5 au lieu de 33°,4 C.

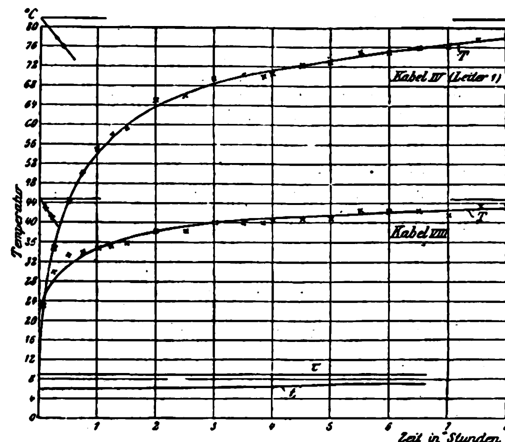


Fig. 16. — Courbes d'échauffement des câbles IV et VIII en série avec tous les autres.

$J = 70$ ampères.

VIII. $\quad T_m - \tau_m = 35°,7$ C. $\quad T_m = 44°,8$ C. $\quad \tau_m = 9°$ C.

$J = 70$ ampères.

IV. $\quad T_m - \tau_m = 73°,5$ C. $\quad T_m = 82°,5$ C. $\quad \tau_m = 9°$ C.

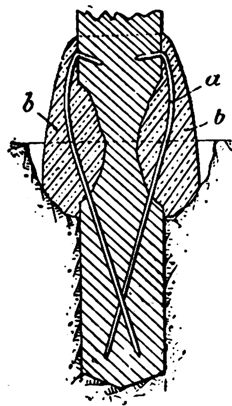
Ces dernières expériences justifient parfaitement les restrictions des règlements qui recommandent de réduire de $\frac{1}{4}$ les charges indiquées par les Tables quand on enfouit plusieurs câbles dans la même tranchée.

B. K.

Réparation des poteaux de bois au moyen de béton armé. — Les compagnies télégraphiques et les compagnies de distribution d'énergie électrique des États-Unis ont en service environ 50 millions de poteaux en bois, dont plus de 3 millions sont remplacés tous les ans; il en résulte une dépense considérable, la main-d'œuvre nécessitée par le déplacement des fils et des isolateurs étant plus coûteuse que le renouvellement

11....

du poteau même. Pour éviter ce renouvellement, M. Orr, de l'Allegheny County Light Co, emploie depuis peu un procédé que décrit, d'après *Electric Railway*, le *Génie civil* du 4 septembre, lequel procédé permet de prolonger la durée de tous les poteaux restés sains dans la partie aérienne et pourris simplement au ras du sol.



Le poteau à renforcer étant supporté par un trépied, on creuse à son pied un trou circulaire descendant jusqu'à la partie saine du poteau, puis on entoure sa base d'une cage en tiges d'acier *a* de 1^m à $1^m,80$ de longueur et de 12^{mm} de diamètre. Ces barres, pointues aux deux bouts, sont enfoncées dans le poteau; la partie pourrie du bois ayant été enlevée, on entoure toute cette cage en fer d'un massif tronconique en béton *b*, formant socle.

Dans le cas où la partie en terre du poteau est complètement pourrie, on coule dans le sol un massif d'ancrage en béton pour la remplacer et y fixer la base de la cage métallique.

On compte en moyenne $17^{fr},50$ de dépense par poteau de 9^m renforcé par cette méthode, tandis que son remplacement revient à 75^{fr}.

RÉSEAUX.

Calcul des chutes de tension dans un système triphasé à quatre fils non équilibré, par Scoumanne (*Bulletin de la Société belge d'Électriciens*, t. XXVI, novembre 1909, p. 677-708). — Dans ce mémoire, l'auteur s'est proposé, en premier lieu, de traiter analytiquement, par la méthode des imaginaires et dans toute sa généralité, le problème suivant :

« Étant donné un système triphasé en étoile à quatre fils alimenté par un transformateur statique dont le primaire, connecté en étoile ou en triangle, est alimenté lui-même par une ligne dont on connaît la tension, maintenue constante à l'origine, trouver la différence de potentiel à laquelle sont soumis les trois groupes de récepteurs, quelle que soit la répartition de la charge. »

Il examine successivement le cas où le circuit primaire du transformateur est monté en étoile, puis le cas où il est monté en triangle.

Dans une dernière partie, l'auteur montre que la méthode analytique devient très simple si l'on néglige les pertes primaires.

I. Primaire du transformateur monté en étoile (*fig.* 1). — Dans tout ce qui suit, les quantités se rapportant au réseau primaire sont représentées par des majuscules, celles qui se rapportent au réseau secondaire par des minuscules. Les courants sont représentés par des lettres *i*, les résistances par des *r*, les réactances par des *x*, les impédances par des *z*, les forces électromotrices induites par des E, les différences de potentiel par des V.

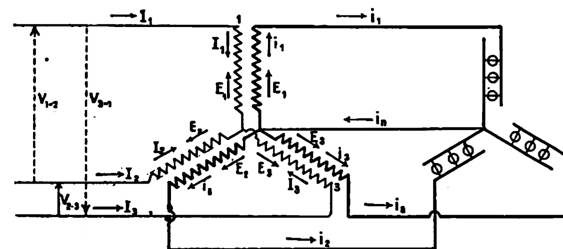


Fig. 1.

Les différentes impédances entrant dans les calculs sont dès lors représentées comme suit :

Impédance d'un fil de ligne primaire........................	$Z' = R' + jX'$
Impédance d'un enroulement primaire du transformateur.....	$Z'' = R'' + jX''$
Impédance primaire par phase..	$Z = Z' + Z''$
Impédance d'un fil de ligne secondaire....................	$z' = r' + jx'$
Impédance du fil neutre secondaire........................	$z_n = r_n + jx_n$
Impédance d'un enroulement secondaire du transformateur...	$z'' = r'' + jx''$
Impédance combinée des récepteurs d'une phase...........	$z = z' + z'' + z'''$

X″ et x'' sont les coefficients de self-induction supplémentaires ou coefficients de self-induction de distorsion du transformateur (¹).

Pour simplifier le problème, M. Scoumanne admet que les trois fils de la ligne primaire sont les mêmes, que les trois enroulements du transformateur sont identiques et que les trois fils secondaires extrêmes ont aussi même impédance, le quatrième étant quelconque. De plus, il remplace le transformateur donné par un transformateur équivalent, de rapport de transformation égal à 1, ce qu'on peut toujours faire, comme l'a montré M. Sartori (²).

Les dix inconnues du problème, représentées symboliquement par $[I_1]$, $[I_2]$, $[I_3]$, $[i_1]$, $[i_2]$, $[i_3]$, $[i_n]$, $[E_1]$, $[E_2]$, $[E_3]$, demandent pour être déterminées un nombre égal d'équations.

L'application des lois de Kirchhoff nous donne les

(¹) M. Kapp a indiqué une méthode qui permet de déterminer rapidement et avec une approximation très suffisante en pratique les valeurs de x'' et X″. On met le secondaire du transformateur en court-circuit sur un ampèremètre et l'on applique aux bornes primaires une tension croissante jusqu'à obtenir dans le secondaire le courant normal de pleine charge. Soient V_{cc} cette tension et I le courant secondaire. On peut démontrer qu'on a, en négligeant la résistance ohmique,

$$X'' = \frac{V_{cc}}{I}\,\frac{V}{v+V}, \qquad x'' = \frac{V_{cc}}{I}\,\frac{v}{v+V},$$

V et v étant les tensions primaires et secondaires de service.

(²) Sartori, *Les courants alternatifs*.

équations symboliques suivantes :

(1) $[V_{1-2}] = [I_1]Z + [E_1] - [E_2] - [I_2]Z$
(2) $[V_{2-3}] = [I_2]Z + [E_2] - [E_3] - [I_3]Z$ Primaire.
(3) $[I_1] + [I_2] + [I_3] = 0$
(4) $[E_1] = [i_1]z_1 + [i_n]z_n$
(5) $[E_2] = [i_2]z_2 + [i_n]z_n$ Secondaire.
(6) $[E_3] = [i_3]z_3 + [i_n]z_n$
(7) $[i_1] + [i_2] + [i_3] - [i_n] = 0$

Pour trouver trois autres équations, étudions ce qui se passe dans le transformateur.

Soit ON (*fig.* 2) le vecteur représentatif du flux dans

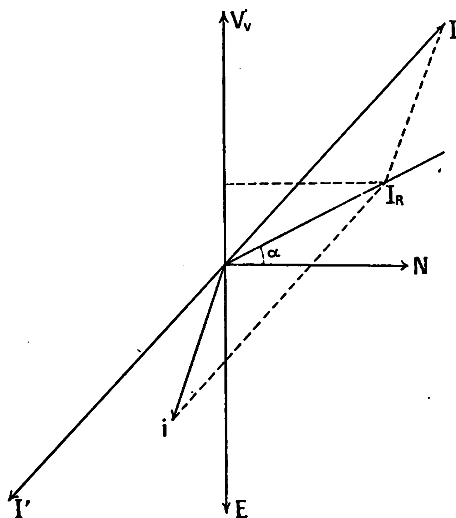


Fig. 2.

un des trois noyaux. La force électromotrice induite OE correspondante est en retard de 90° sur ce flux et lui est proportionnelle. Le courant secondaire O*i* est lui-même en retard sur OE d'un angle déterminé par la nature du courant.

Le flux N est dû à la résultante I_R des courants primaires et secondaires, puisque ce flux est créé par les ampères-tours résultants. Nous pouvons donc écrire que, en valeur absolue,

$$E = kI_R.$$

En outre, la phase de E est en retard de 90° + α sur celle de I_R. Donc, en notation symbolique,

$$[E] = k[I_R][\cos(90° + \alpha) - j\sin(90° + \alpha)].$$

Et comme $[I_R] = [i] - [I]$ [1],

$$[E] = k\{[i] - [I]\}(-\sin\alpha - j\cos\alpha).$$

L'angle α se détermine facilement. En effet, à vide, I_R se confond avec I et comme d'autre part la tension aux bornes est alors sensiblement égale et opposée à la force électromotrice induite E, on peut écrire que la puissance à vide P_v vaut le produit du courant à vide I_v par la tension de service V et par sin α, d'où

$$\sin\alpha = \frac{P_v}{VI_v}.$$

Pour déterminer *k* remarquons que, pendant la marche à vide, on a, en valeur absolue,

$$V = E = kI_v,$$

d'où

$$k = \frac{V}{I_v}.$$

Ayant déterminé *k* et α en fonction des données, nous pouvons écrire les trois équations

(8) $[E_1] = k\{[I_1] - [i_1]\}(\sin\alpha + j\cos\alpha),$
(9) $[E_2] = k\{[I_2] - [i_2]\}(\sin\alpha + j\cos\alpha),$
(10) $[E_3] = k\{[I_3] - [i_3]\}(\sin\alpha + j\cos\alpha).$

En posant

$$k(\sin\alpha + j\cos\alpha) = K,$$

et en remplaçant $[E_1]$, $[E_2]$, $[E_3]$ par les valeurs précédentes dans les équations (1) à (7), on obtient sept nouvelles équations. Tirant de trois d'entre elles, (4), (5), (6) les valeurs de $[I_1]$, $[I_2]$, $[I_3]$ et portant les valeurs trouvées dans (1), (2), puis transformant les équations (3) et (7), on arrive à un système de 4 équations à 4 inconnues qui conduisent aux valeurs suivantes des

(1) L'auteur fait observer qu'on doit prendre pour I_R la différence géométrique et non la somme des deux courants I et *i*, parce qu'il a supposé, par le fait même de l'indication des sens de ces courants sur le schéma, que ces courants étaient déphasés de 180°. Il faut donc que leurs expressions symboliques n'expriment plus, par elles-mêmes, ce déphasage.

De plus, nous devons prendre *i* — I et non I — *i*, parce que dans la figure 2 le vecteur représentatif de *i* occupe sa position exacte. C'est celui de I qui doit être tourné de 180°. En effet, nous supposons que le flux est ON. Ce flux détermine une tension induite OE, laquelle fixe la position du courant secondaire O*i*. D'autre part, la position de OI_R est connue d'après ON. Et les courants O*i* et OI_R déterminent complètement OI. Ce n'est que par suite des hypothèses implicitement faites en traçant la figure 1 que nous devons changer le signe de ce vecteur pour l'amener en OI'.

Comme cette façon d'agir pourrait laisser un doute dans l'esprit, supposons, pour un instant, que nous changions, dans la figure 1, le sens des flèches indiquant la marche des courants primaires; les forces électromotrices induites redeviendront

$$E_1 = k(I_1 + i_1)(\sin\alpha + j\cos\alpha).$$

Mais comme maintenant le signe des forces électromotrices est implicitement contenu dans leurs expressions, les équations (1) et (4) s'écriront

(1) $[V_{1-2}] + [E_1] - [E_2] = [I_1]Z - [I_2]Z,$
(4) $[E_1] + [i_1]z + [i_n]z_n = 0,$

ce qui, après remplacement de $[E_1]$ et $[E_2]$, conduit au même résultat que précédemment.

$[i_1]$, $[i_2]$, $[i_3]$.

$$(1'')\quad [i_1] = \frac{K\{B(z_3+3z_n+K)[V_{3-1}] - C(z_2+3z_n+K)[V_{1-2}]\}}{ABz_3+BCz_1+ACz_2+(AC+BC+AB)(3z_n+K)},$$

$$(2'')\quad [i_2] = \frac{K\{C(z_1+3z_n+K)[V_{1-2}] - A(z_3+3z_n+K)[V_{2-3}]\}}{ABz_3+BCz_1+ACz_2+(AC+BC+AB)(3z_n+K)},$$

$$(3'')\quad [i_3] = \frac{K\{A(z_2+3z_n+K)[V_{2-3}] - B(z_1+3z_n+K)[V_{3-1}]\}}{ABz_3+BCz_1+ACz_2+(AC+BC+AB)(3z_n+K)},$$

où

$$A = Kz_1 + Zz_1 + KZ,$$
$$B = Kz_2 + Zz_2 + KZ,$$
$$C = Kz_3 + Zz_3 + KZ.$$

Les valeurs de la tension aux bornes des récepteurs sont dès lors données par

$$(1''')\qquad [v_1] = [i_1]z_1''',$$
$$(2''')\qquad [v_2] = [i_2]z_2''',$$
$$(3''')\qquad [v_3] = [i_3]z_3'''.$$

On pourrait remplacer A, B et C par leurs valeurs dans $[i_1]$, $[i_2]$, $[i_3]$ et transporter les valeurs ainsi obtenues dans les trois dernières formules pour avoir $[v_1]$, $[v_2]$ et $[v_3]$ en fonction de toutes quantités connues.

Cette méthode n'est pas à conseiller, car elle entraîne une grande complication de calculs. Il est préférable de déterminer les valeurs numériques de A, B, C et de les transporter dans $[i_1]$, $[i_2]$, $[i_3]$. On peut ainsi trouver les valeurs de ces trois courants et remplacer dans les formules (1'''), (2'''), (3''').

La détermination des chutes de tension est surtout intéressante dans les cas particuliers, et alors les formules se simplifient souvent beaucoup. L'auteur donne quelques exemples de ces cas particuliers et la façon de les traiter. De plus, pour mieux faire comprendre la méthode, il prend un exemple numérique; cela facilite en outre la comparaison entre ces différents cas.

Application numérique. — Pour cet exemple numérique il choisit les données suivantes :

Puissance du transformateur	180 kilowatts
Tension primaire entre fils	3465 volts ($2000\sqrt{3}$)
Tension secondaire entre neutre et extrêmes	200 volts
Résistance ohmique du primaire (par phase)	0,4 ohm
Résistance ohmique du secondaire (par phase)	0,004 ohm
Courant primaire de pleine charge	30 ampères
Courant secondaire de pleine charge	300 ampères (pour $\cos\varphi = 1$)
Tension primaire de court-circuit, entre fils	$V_{cc} = 420$ volts
Courant à vide	$I_v = 1,5$ ampère
Puissance à vide	$W_v = 3600$ watts

Pour le calcul, ce transformateur est remplacé par un appareil équivalent ayant pour rapport de transformation 1; les données deviennent alors :

Tension primaire entre fils	346,5 volts
Tension secondaire entre neutre et extrêmes	200 volts
Résistance ohmique du primaire (par phase)	0,004 ohm
Résistance ohmique du secondaire (par phase)	0,004 ohm
Courant primaire de pleine charge	300 ampères
Courant secondaire de pleine charge	300 ampères (pour $\cos\varphi = 1$)
Tension primaire de court-circuit	$V_{cc} = 42$ volts
Courant à vide	$I_v = 15$ ampères
Puissance à vide	$W_v = 3600$ watts

On déduit de ces données

$$X'' = x'' = \frac{42}{2 \times 300 \times \sqrt{3}} = 0,04,$$
$$\sin\alpha = \frac{3600}{3 \times 200 \times 15} = 0,4,$$
$$\cos\alpha = 0,916,$$
$$k = 13,33.$$

L'impédance de la ligne primaire réelle est

$$Z' = 0,4 + 0,3j;$$

celle de la ligne primaire équivalente

$$Z' = 0,004 + 0,003j,$$

celle de la ligne secondaire

$$z' = 0,01 + 0,0075j,$$
$$z_n = 2z'.$$

Ces données sont telles que le transformateur ait un rendement de 97 pour 100 avec une chute de tension de 2 pour 100 environ à pleine charge (avec $\cos\varphi = 1$) et que la perte de tension en ligne primaire soit de 0,75 pour 100 et en ligne secondaire 1,9 pour 100 environ, à pleine charge. Si nous admettons que les récepteurs aient un facteur de puissance de 0,8 environ, ils auront pour impédance, à pleine charge,

$$z''' = 0,53 + 0,4j.$$

Nous pouvons établir dès maintenant les valeurs de quelques quantités qui se rencontrent dans les formules trouvées ci-dessus :

$$K = k(\sin\alpha + j\cos\alpha) = 5,333 + 12,210j,$$
$$Z = Z' + Z'' = 0,008 + 0,043j,$$
$$z_n = 0,02 + 0,015j.$$

Examinons quelques cas spéciaux intéressants. Nous rechercherons chaque fois les valeurs absolues des différentes quantités, sans nous arrêter aux relations de phases qui ne présentent qu'un intérêt pratique secondaire. On pourrait du reste toujours établir très facilement ces relations.

1° *Cas où les impédances des trois conducteurs secondaires principaux sont égales.* — Soit $z_1 = z_2 = z_3$, ce qui entraîne A = B = C. Par raison de symétrie, $i_1 = i_2 = i_3$ en valeur absolue.

La formule (1″) devient, après simplifications,

$$[i_1] = -\frac{K\{[V_{1-2}] + [V_{3-1}]\}}{3A}.$$

Si nous prenons comme origine des phases, celle de V_{1-2}, nous avons

$$[V_{1-2}] = V_{1-2},$$
$$[V_{2-3}] = V_{1-2}(-0,5 + 0,866j),$$
$$[V_{3-1}] = V_{1-2}(-0,5 - 0,866j).$$

En supposant que les trois phases soient complètement chargées,

$$z_1''' = z_2''' = z_3''' = 0,53 + 0,4j,$$
$$z_1 = z_2 = z_3 = z' + z'' + z''' = 0,544 + 0,477j$$

et

$$K - Z = 5,325 + 12,167j.$$

La valeur numérique de i_1 s'écrit

$$[i_1] = V_{1.2}\frac{-(5,333 + 12,21j)(1,5 + 0,866j)}{3\left[\begin{array}{l}(5,341 + 12,21j)(0,544 + 0,447j) \\ \quad + (5,333 + 12,21j)(0,008 + 0,43j)\end{array}\right]}$$
$$= -V_{1.2}(0,71 - 0,322j).$$

La valeur numérique du courant efficace dans chacune des phases secondaires est donc

$$i = 346,5\sqrt{0,71^2 + 0,322^2} = 270 \text{ amp.}$$

L'impédance des récepteurs étant

$$z''' = \sqrt{0,53^2 + 0,4^2} = 0,664,$$

la différence de potentiel efficace aux bornes des récepteurs sera

$$v = 270 \times 0,664 = 179,3 \text{ volts.}$$

La chute totale de tension sera donc de 10 pour 100 (1).

Supposons maintenant que $z_1 = z_2 = z_3 = \infty$, ce qui correspond à la marche à vide. Les courants i_1, i_2, i_3 et i sont évidemment nuls, et l'on ne peut plus calculer les tensions aux bornes des récepteurs par les formules (1‴), (2‴), (3‴). Pour trouver ces valeurs, qui sont toutes trois égales en valeur absolue, reprenons l'équation (1), laquelle devient, dans le cas particulier considéré,

$$[V_{1.2}] = \{[I_1] - [I_2]\}(Z + K),$$

d'où, en prenant encore la phase de V_{12} pour origine,

$$[I_1] - [I_2] = V_{1.2}\frac{1}{Z + K},$$

(1) Cette chute de tension paraît exagérée à première vue. Elle provient de ce qu'on a supposé que les récepteurs déphasent le courant, ce qui augmente fortement la chute de tension due à la dispersion dans le transformateur. Si l'on avait supposé que la ligne secondaire et les récepteurs (non inductifs) aient des résistances ohmiques équivalentes aux impédances considérées ci-dessus, on serait arrivé pour i à une valeur de 288 ampères et pour v à 191 volts, soit une chute totale de 4,5 pour 100.

En remplaçant Z et K par leurs valeurs et effectuant :

$$[I_1] - [I_2] = V_{1-2}(-0,02933 + 0,06858j).$$

La valeur absolue de $[I_1] - [I_2]$ est, après calculs faits,

$$[I_1] - [I_2] = 25,821 \text{ ampères.}$$

Et comme $[I_1] - [I_2] = [I_1]\sqrt{3}$,

$$I_1 = I_2 = I_3 = 14,904 \text{ ampères.}$$

Nous pouvons trouver facilement les valeurs absolues des forces électromotrices induites, puisque

$$E_1 = kI_1$$

ou

$$E_1 = 13,333 \times 14,904 = 198,67 \text{ volts.}$$

C'est aussi la valeur des trois tensions aux bornes v_1, v_2, v_3 ;

2° *Cas où les impédances de deux conducteurs sont égales.* — Soit maintenant $z_2 = z_3$, ce qui entraîne $B = C$.

Plaçons-nous immédiatement dans le cas où $z_2 = z_3 = \infty$ et prenons $z_1 = 0,544 \searrow 0,447j$ (valeur correspondant à la pleine charge). Alors $[i_2]$ et $[i_3]$ sont nuls et il vient

$$[i_1] = \frac{K\{[V_{3-1}] - [V_{1-2}]\}}{3[(K + Z)(z_1 + z_n) + KZ] + K^2}.$$

En introduisant les valeurs numériques dans cette formule, on trouve, après calculs faits,

$$[i_1] = -[V_{1-2}](0,137 - 0,105j),$$

ce qui porte la valeur de i_1 à 59 ampères environ et celle de v_1 à un peu plus de 39 volts (1).

Considérons encore le cas théorique où le secondaire de la phase 1, supposé sans résistance ni self-induction, serait mis en court-circuit.

Dès lors $z_1 + z_n = 0$ et en négligeant KZ, toujours fort petit, on peut écrire

$$[i_1] = \frac{[V_{3.1}] - [V_{1.2}]}{K},$$

ou, si I_0 est le courant normal à vide,

$$i_1 = 3I_0.$$

(1) L'auteur fait observer que ce résultat paraît paradoxal à première vue, mais qu'à la réflexion on constate qu'il n'a rien d'anormal. En effet, le courant primaire qui traverse l'enroulement de la phase chargée doit revenir à l'origine de la ligne en traversant les enroulements des deux autres phases. Dans ceux-ci, il se combine avec le courant à vide qui y existait. La force contre-électromotrice induite, qui est en retard de $\alpha + \frac{\pi}{2}$ sur la résultante I_R de ces deux courants, reste proportionnelle à celle-ci. Or cette force contre-électromotrice peut devenir considérable, puisque sa valeur absolue en volts est donnée par le produit I_R (exprimé en ampères) par le facteur 13,333. Il n'est pas extraordinaire, dès lors, que la composante de cette tension qui s'oppose au passage du courant i_1 puisse être telle qu'elle fasse tomber celui-ci à une valeur relativement très faible.

Ce résultat s'explique facilement : si le secondaire de la phase 1, supposé sans résistance, est en court-circuit, le primaire de cette phase du transformateur n'offre au passage du courant qu'un obstacle négligeable et les primaires de chacune des phases 2 et 3 se trouvent soumis à des différences de potentiel de 346,5 volts environ, soit $\sqrt{3}$ fois la tension qui leur est normalement appliquée. Dès lors, si le transformateur est assez peu saturé pour que la perméabilité soit constante, le courant à vide prend une valeur égale à $\sqrt{3}$ fois la valeur normale, soit $I_0\sqrt{3}$. Dans le primaire de la phase 1, les courants des phases 2 et 3 s'ajoutent géométriquement et l'intensité est

$$I_0\sqrt{3}\times\sqrt{3}=3I_0.$$

C'est aussi l'intensité du courant secondaire i_1, puisque le transformateur a un rapport de réduction égal à l'unité et que l'on a négligé les pertes.

On conclut de là qu'il n'est pas pratiquement possible d'utiliser dans une distribution à quatre fils des transformateurs dont le primaire est bobiné en étoile simple. Il est vrai que le cas où une phase seulement est chargée est un cas extrême ; mais cependant il peut se produire accidentellement (plombs sautés sur deux phases, par exemple) et il faut que, dans cette éventualité, le service ne soit interrompu que dans la plus faible limite possible. Du reste, ce qui se produit pour le cas limite étudié existe à un degré moindre pour un cas intermédiaire. Si une phase offre l'impédance correspondante à la pleine charge normale, alors que les deux autres offrent une impédance double, le courant n'atteint dans cette première phase que 107 ampères environ, ce qui correspond à une tension aux bornes de 137 volts. Ces valeurssont tout à fait inadmissibles ; aussi faut-il absolument ajouter au primaire, enroulé en étoile, un quatrième fil.

II. PRIMAIRE DU TRANSFORMATEUR EN ÉTOILE AVEC FIL NEUTRE (*fig.* 3). — Nous supposerons la section du quatrième fil moitié moindre que celle de chacun des trois fils de ligne.

En appelant $[I_n]$ le courant dans le fil neutre primaire et $[Z_n]$ l'impédance de ce fil, et en tenant compte des valeurs trouvées, on peut écrire pour les forces électromotrices induites les équations

$$(1)\qquad [V_1]=[I_1](K+Z)-[i_1]K+[I_n]Z_n,$$
$$(2)\qquad [V_2]=[I_2](K+Z)-[i_2]K+[I_n]Z_n,$$
$$(3)\qquad [V_3]=[I_3](K+Z)-[i_3]K+[I_n]Z_n,$$
$$(4)\qquad [I_1]+[I_2]+[I_3]=[I_n],$$
$$(5)\qquad [i_1](z_1-K)+[i_n]z_n-[I_1]K=0,$$
$$(6)\qquad [i_2](z_2-K)+[i_n]z_n-[I_2]K=0,$$
$$(7)\qquad [i_3](z_3-K)+[i_n]z_n-[I_3]K=0,$$
$$(8)\qquad [i_1]+[i_2]+[i_3]=[i_n].$$

On a dans ce cas une inconnue de plus, mais aussi une équation de plus, les trois premières étant distinctes, tandis que dans le cas précédent les trois équations analogues se réduisaient en réalité à deux, la troisième n'étant que la somme des deux premières.

En posant, pour simplifier,

$$X=z_n(K+Z)+\frac{K^2Z_n}{K+Z+3Z_n},$$
$$A=z_1K+z_1Z+KZ,$$
$$B=z_2K+z_2Z+KZ,$$
$$C=z_3K+z_3Z+KZ,$$

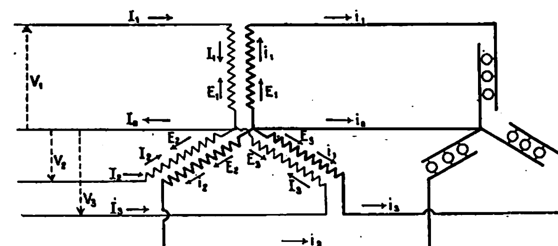


Fig. 3.

on arrive finalement aux équations

$$(1'')\quad [i_1]=K\frac{V_1}{A}-\frac{X}{A}\,\frac{K(BCV_1+ACV_2+ABV_3)}{ABC+X(AB+BC+AC)},$$
$$(2'')\quad [i_2]=K\frac{V_2}{B}-\frac{X}{B}\,\frac{K(BCV_1+ACV_2+ABV_3)}{ABC+X(AB+BC+AC)},$$
$$(3'')\quad [i_3]=K\frac{V_3}{C}-\frac{X}{C}\,\frac{K(BCV_1+ACV_2+ABV_3)}{ABC+X(AB+BC+AC)}.$$

1° *Cas où les impédances des trois conducteurs secondaires sont égales.* — Si dans les formules nous faisons A = B = C, correspondant au cas de la pleine charge équilibrée, nous trouvons

$$[i_1]=K\frac{[V_1]}{A}.$$

En remarquant que $V_{1-2}-V_{3-1}=3V_1$, nous voyons que nous retombons sur la formule trouvée dans le cas du primaire monté en étoile simple. Cela devrait être, puisque, dans le cas des phases équilibrées, le neutre est inactif. Il en serait de même pour le cas de la marche à vide. Il est donc inutile de reprendre ces deux cas particuliers.

2° *Cas où les impédances de deux conducteurs sont égales.* — Nous supposerons $z_2=z_3$ et par suite B = C. Les courants secondaires prennent alors les valeurs

$$[i_1]=K[V_1]\frac{B+3X}{AB+X(B+2A)},$$
$$[i_2]=K\frac{[V_2]}{B}-\frac{X}{B}\,\frac{K[V_1](B-A)}{AB+X(B+2A)},$$
$$[i_3]=K\frac{[V_3]}{C}-\frac{X}{C}\,\frac{K[V_1](B-A)}{AB+X(B+2A)}.$$

Si nous supposons d'abord que $z_2=z_3=\infty$ avec $z_1=$ l'impédance normale correspondant à la pleine charge,

$$[i_1]=\frac{K[V_1]}{A+X},$$
$$[i_2]=[i_3]=0.$$

En appliquant ces formules à l'exemple numérique examiné plus haut, on trouve

$$i_1 = V_1\sqrt{0,985^2 + 0,842^2} = 259 \text{ ampères.}$$

De cette valeur découle immédiatement celle de v_1,

$$v_1 = 259 \times 0,664 = 171,5 \text{ volts.}$$

Le calcul de v_2 et v_3, pour le détail duquel nous renvoyons au travail original de l'auteur, donne

$$v_2 = 200 \text{ volts,} \qquad v_3 = 203 \text{ volts.}$$

Si l'on avait supposé des récepteurs et des câbles non inductifs et de résistance équivalente, on aurait trouvé

$$i_1 = 275 \text{ ampères}$$

et

$$v_1 = 182 \text{ volts,} \qquad v_2 = 204,5 \text{ volts,} \qquad v_3 = 201 \text{ volts.}$$

Supposons maintenant que $z_1 = \infty$ et $z_2 = z_3 =$ l'impédance normale de pleine charge. Le courant i_1 est évidemment nul, et i_2 et i_3 prennent les valeurs

$$[i_2] = \frac{K}{B}[V_2] + [V_1]\frac{KX}{(B+2X)B},$$

$$[i_3] = \frac{K}{B}[V_3] + [V_1]\frac{KX}{(B+2X)B}.$$

Le calcul donne

$$i_2 = 261 \text{ ampères,} \qquad i_3 = 269 \text{ ampères;}$$

puis

$$v_2 = 173 \text{ volts,} \qquad v_3 = 178,5 \text{ volts,} \qquad v_1 = 206 \text{ volts.}$$

Si enfin on supposait que les récepteurs et les câbles sont non inductifs, on obtiendrait

$$i_1 = 0, \qquad i_2 = 286 \text{ ampères,} \qquad i_3 = 277 \text{ ampères,}$$

$$v_1 = 205 \text{ volts,} \qquad v_2 = 189,5 \text{ volts,} \qquad v_3 = 184 \text{ volts.}$$

III. Primaire du transformateur monté en triangle (*fig.* 4). — En appliquant les lois de Kirchhoff et en

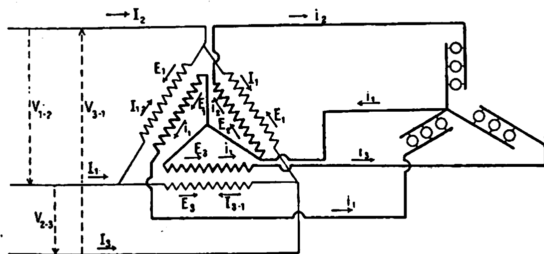


Fig. 4.

tenant compte de ce que les forces électromotrices induites dans les six enroulements sont

$$+K\{[I_{1.2}] - [i_1]\}, \quad +K\{[I_{2.3}] - [i_2]\},$$
$$+K\{[I_{3.1}] - [i_3]\},$$

on a

$$[V_{1.2}] = [I_1]Z' + K\{[I_{1.2}] - [i_1]\} + [I_{1.2}]Z'' - [I_2]Z',$$
$$[V_{2.3}] = [I_2]Z' + K\{[I_{2.3}] - [i_2]\} + [I_{2.3}]Z'' - [I_3]Z',$$
$$[I_1] + [I_2] + [I_3] = 0,$$
$$+K\{[I_{1.2}] - [i_1]\} = [i_1]z_1 + [i_n]z_n,$$
$$+K\{[I_{2.3}] - [i_2]\} = [i_2]z_2 + [i_n]z_n,$$
$$+K\{[I_{3.1}] - [i_3]\} = [i_3]z_3 + [i_n]z,$$
$$[i_1] + [i_2] + [i_3] = [i_n].$$

En remarquant que

$$[I_1] = [I_{1.2}] - [I_{3.1}],$$
$$[I_2] = [I_{2.3}] - [I_{1.2}],$$
$$[I_3] = [I_{3.1}] - [I_{2.3}],$$

et en effectuant

(1) $$[V_{1.2}] = [I_{1.2}](3Z' + Z'' + K) - K[i_1],$$

(2) $$[V_{2.3}] = [I_{2.3}](3Z' + Z'' + K) - K[i_2],$$

(3) $$[I_{1.2}] + [I_{2.3}] + [I_{3.1}] = 0,$$

(4) $$[i_1](z_1 + K) + [i_n]z_n - [I_{1.2}]K = 0,$$

(5) $$[i_2](z_2 + K) + [i_n]z_n - [I_{2.3}]K = 0,$$

(6) $$[i_3](z_3 + K) + [i_n]z_n - [I_{3.1}]K = 0,$$

(7) $$[i_1] + [i_2] + [i_3] = [i_n].$$

Par diverses transformations et en posant

$$3Z' + Z'' = Y,$$
$$Kz_1 + Yz_1 + KY = A,$$
$$Kz_2 + Yz_2 + KY = B,$$
$$Kz_3 + Yz_3 + KY = C,$$

on obtient pour $[i_1]$, $[i_2]$, $[i_3]$ trois expressions dont la première est

(1′) $$[i_1] = \frac{K[V_{12}]}{A} - \frac{(Y+K)z_n}{A} \times \frac{K\{BC[V_{12}] + AC[V_{23}] + AB[V_{31}]\}}{ABC + [Y+K]z_n(BC + CA + AB)},$$

les deux autres se déduisant de celle-ci par permutation circulaire.

Les tensions aux bornes des récepteurs sont encore données par

$$[v_1] = [i_1]z_1''', \qquad [v_2] = [i_2]z_2''', \qquad [v_3] = [i_3]z_3'''.$$

Il faut se garder, si l'on désire étudier le cas tout à fait général, de remplacer directement les lettres par leurs valeurs dans ces formules. Il est beaucoup plus simple de rechercher la valeur numérique de Y, puis celles de A, B, C. On déduit de là celle de $[i_n]$ et enfin celles de $[i_1]$, $[i_2]$, $[i_3]$. Ce cas général ne présente, du reste, que peu d'intérêt, et il est très rare qu'on ne puisse simplifier considérablement les calculs en exprimant les relations existant entre z_1, z_2, z_3.

Application numérique. — Les données de cette appli-

cation sont choisies de telle façon que les résultats soient comparables avec ceux obtenus avec un transformateur à primaire en étoile. Soit donc encore une ligne primaire à 3465 volts alimentant un transformateur triphasé de 180 kw, dont le secondaire en étoile donne 200 volts entre centre et extrêmes. Le rapport de transformation du transformateur triphasé reste le même; mais, à cause du mode de connexion différent des deux enroulements, le rapport de transformation d'une phase est modifié :

$$\text{de } \frac{2000}{200} = 10 \quad \text{il est devenu} \quad \frac{3465}{200} = 17,32 = 10\sqrt{3}.$$

Il en résulte que les constantes de l'appareil sont modifiées; mais, si la construction et les pertes admises restent les mêmes, le transformateur équivalent, de rapport unité, par lequel nous avons remplacé le transformateur réel, restera le même. Il est bien entendu que le rapport est égal à l'unité pour chaque phase et non pour les tensions triphasées : pour celles-ci le rapport sera

$$\frac{200}{346,5} = \frac{1}{\sqrt{3}}.$$

Il résulte de là que le transformateur équivalent devra être alimenté, non par une ligne à 346,5 volts, mais bien par une ligne à 200 volts. Pour que la perte de tension soit la même en pour 100, il faut donc que la ligne primaire équivalente ait une impédance Z' qui soit à l'impédance de cette même ligne, considérée dans la première hypothèse, dans le rapport de 200^2 à $346,5^2$; soit de 1 à 3.

Toutes les données numériques choisies précédemment restent donc les mêmes, sauf Z', qui devient

$$Z' = 0,00133 + 0,001j.$$

La valeur de Y, dont on a besoin dans les calculs, est alors

$$Y = 0,008 + 0,043j.$$

Cette valeur est précisément la même que celle de Z dans le cas du transformateur à enroulement primaire en étoile [1]. Il en résulte que A, B, C seront les mêmes dans les deux cas.

1° *Cas où les impédances des trois conducteurs secondaires sont égales.* — Alors A, B, C sont égaux et l'on trouve

$$[i_1] = \frac{K[V_{31}]}{A},$$

valeur qui est précisément la même que celle trouvée dans le cas du primaire en étoile à trois fils [1].

Les valeurs absolues de v_1, v_2, v_3 sont donc les mêmes, quel que soit le mode de connexion du primaire.

Il en est de même des valeurs des tensions aux bornes secondaires dans la marche à vide.

Nous renvoyons donc, pour les exemples numériques se rapportant à ces deux cas, à ce qui a été dit plus haut.

2° *Cas où les impédances de deux conducteurs sont égales.* — Supposons maintenant que $z_2 = z_3$ et que z_1 soit quelconque; cette hypothèse entraîne B = C.

Les formules (1''), (2''), (3'') se réduisent, par l'introduction de cette hypothèse, à

$$[i_1] = \frac{K[V_{1.2}]}{A} - \frac{Y+K}{A} z_n \frac{K[V_{1.2}](B-A)}{AB+(Y+K)z_n(B+2A)},$$

et deux autres analogues.

Si, de plus, nous faisons z_1 = la valeur normale de pleine charge et $z_2 = z_3 = \infty$, ce qui correspond à charger la phase 1 au maximum, les deux autres marchant à vide, on obtient

$$[i_1] = \frac{K[V_{1.2}]}{A+(Y+K)z_n}, \qquad [i_2] = [i_3] = 0.$$

En remplaçant dans cette expression de $[i_1]$ les lettres par leurs valeurs, on trouve

$$[i_1] = [V_{1.2}]\frac{(5,333+12,21j)}{-3,132+9,705j}$$
$$= [V_{1.2}](0,978 - 0,865j),$$
$$i_1 = 261,5 \text{ ampères}.$$

De la relation $[v_1] = [i_1]\, z_1$ on déduit facilement

$$v_1 = 173,5 \text{ volts}.$$

Pour avoir v_2 et v_3, il faut d'abord chercher $I_{2.3}$ et $I_{3.1}$; on trouve en définitive

$$v_2 = 201,5 \text{ volts}, \qquad v_3 = 201 \text{ volts}.$$

Le cas analogue, mais avec récepteurs et câbles non inductifs, donnerait

$$i_1 = 279 \text{ ampères}, \quad i_2 = 0 \text{ ampère}, \quad i_3 = 0 \text{ ampère},$$
$$v_1 = 185 \text{ volts}, \quad v_2 = 196 \text{ volts}, \quad v_3 = 202 \text{ volts}.$$

Supposons maintenant que $z_1 = \infty$ et $z_2 = z_3$ = l'impédance normale de pleine charge. Les phases 2 et 3 sont donc seules chargées. $[i_1]$ est nul et les courants $[i_2]$

---

(1) Il devait d'ailleurs en être ainsi, puisqu'on a réduit l'impédance Z' des fils de ligne primaires au tiers de la valeur adoptée dans le cas du primaire en étoile. Or on avait dans ce dernier cas

$$Z = Z' + Z'',$$

alors que pour le primaire en étoile on a

$$Y = 3Z' + Z''.$$

(1) En effet, on avait alors

$$[i_1] = \frac{-[V_{1.2}]+[V_{3.1}]}{3A}.$$

Or, en valeur absolue $-V_{1.2}+V_{3.1} = V\sqrt{3}$. Et comme les tensions $V_{1.2}$, $V_{2.3}$, $V_{3.1}$ étaient $\sqrt{3}$ fois plus grandes dans le premier cas que dans le second, la valeur de

$$\frac{-[V_{3.1}]+[V_{1.2}]}{3}$$

du premier cas équivaut à celle de $[V_{3.1}]$ du second cas.

et $[i_3]$ prennent les valeurs

$$[i_2] = \frac{K}{B}[V_{2.3}] + \frac{K}{B}\,\frac{[V_{1.2}](Y+K)z_n}{B+2K(Y+K)z_n},$$
$$[i_3] = \frac{K}{B}[V_{3.1}] + \frac{K}{B}\,\frac{[V_{1.2}](Y+K)z_n}{B+2K(Y+K)z_n}.$$

En cherchant, comme précédemment, la valeur numérique de ces expressions, on trouve

$$[i_2] = [V_{1.2}](0{,}302 + 1{,}292j),$$
$$[i_3] = [V_{1.2}](-1{,}252 - 0{,}457j),$$

et les valeurs absolues de i_2, i_3 :

$$i_2 = 265{,}5 \text{ ampères}, \qquad i_3 = 267 \text{ ampères};$$

d'où celles de v_2, v_3 :

$$v_2 = 176 \text{ volts}, \qquad v_3 = 177{,}5 \text{ volts}.$$

Par un calcul un peu plus long, on trouve

$$v_1 = 206 \text{ volts}.$$

Si l'on avait supposé les récepteurs et les câbles non inductifs, on aurait trouvé

$i_1 = 0$ ampère, $i_2 = 287{,}5$ ampères, $i_3 = 279{,}5$ ampères,
$v_1 = 206$ volts, $v_2 = 190{,}5$ volts, $v_3 = 185$ volts.

IV. **Résumé et conclusions.** — Les résultats des calculs sont résumés dans les deux Tableaux suivants, qui se rapportent, l'un au cas d'un primaire en étoile avec fil neutre, l'autre au cas d'un primaire en triangle :

Spécifications : Primaire en étoile à 4 fils.

	$\cos\varphi = 0{,}8$.				$\cos\varphi = 1$.			
Nombre de phases chargées...	0.	1.	2.	3.	0.	1.	2.	3.
i_1.....	0	259	0	270	0	275	0	288
i_2.....	0	0	261	270	0	0	286	288
i_3.....	0	0	269	270	0	0	277	288
v_1.....	198,7	171,5	206	179,3	198,7	182	205	191
v_2.....	198,7	200	178,5	179,3	198,7	204,5	189,5	191
v_3.....	198,7	203	173	179,3	198,7	201	184	191

Spécifications : Primaire en triangle.

	$\cos\varphi = 0{,}8$.				$\cos\varphi = 1$.			
Nombre de phases chargées...	0.	1.	2.	3.	0.	1.	2.	3.
i_1.....	0	261,5	0	270	0	279	0	288
i_2.....	0	0	265,5	270	0	0	287,5	288
i_3.....	0	0	267	270	0	0	279,5	288
v_1.....	198,7	173,5	206	179,3	198,7	185	206	191
v_2.....	198,7	201,5	176	179,3	198,7	196	190,5	191
v_3.....	198,7	201	177,5	179,3	198,7	202	185	191

De ces résultats l'auteur tire les conclusions suivantes, que nous reproduisons textuellement :

« Ces chiffres n'ont aucune valeur par eux-mêmes : ils ne peuvent servir qu'à permettre une comparaison rapide des différents cas examinés. Nous les avons choisis en restant dans les valeurs moyennes généralement admises ; cependant, on construit actuellement des transformateurs donnant des résultats supérieurs à ceux du transformateur supposé : les pertes à vide et les chutes de tension sont plus réduites, et surtout la dispersion est moindre. Quoi qu'il en soit, nous pouvons tirer quelques conclusions de cette étude :

» Les transformateurs destinés à une distribution triphasée à quatre fils ne peuvent pas être montés en étoile du côté à haute tension, à moins que cette distribution à haut voltage ne soit pourvue d'un neutre. Il est préférable d'adopter le primaire bobiné en triangle; cela évite de ramener un quatrième fil à l'usine et conduit à des résultats un peu plus favorables.

» Il faut réduire autant que possible la perte de tension en charge dans les transformateurs utilisés et il faut surtout veiller à ce que cette perte soit faible, même avec une charge inductive; cela revient à réduire autant que possible la dispersion magnétique. Les récepteurs devront être peu inductifs, les inégalités de tension provenant du déséquilibre des charges, croissant de façon très rapide quand le $\cos\varphi$ diminue. A ce point de vue, les récepteurs fortement inductifs doivent être alimentés par des transformateurs spéciaux. Toutefois, l'alimentation des moteurs triphasés peut parfois se faire par le réseau sans amener de troubles; elle peut même, dans certaines conditions, jouer le rôle d'égalisateur de tension. Les moteurs triphasés asynchrones produisent sur le réseau deux effets opposés : d'une part, ils chargent également les trois phases, ce qui est favorable; d'autre part, ils déphasent le courant, ce qui est défavorable. Si nous considérons, par exemple, un transformateur alimentant des lampes à incandescence, dont une phase est beaucoup plus chargée que les autres et que nous lui appliquions une charge fournie par des moteurs, la différence relative de charge entre les trois phases va diminuer; en outre, le $\cos\varphi$ des phases chargées par les moteurs seulement sera beaucoup plus faible que celui de la phase qui avait, dès le début, une charge de lampes. Il en résulte que la chute de tension va être augmentée sur les trois phases par l'adjonction de la charge de moteurs, mais que l'augmentation sera plus forte sur les phases qui avaient la tension la plus élevée. Donc l'égalité sera meilleure. Il est vrai que la tension aux bornes des récepteurs de la phase chargée sera diminuée aussi, ce qui est défavorable. En résumé, donc, les moteurs égalisent les tensions des trois phases, mais en les abaissant toutes, surtout lors du démarrage. Il y a lieu de rechercher, dans chaque cas particulier, si cette chute de tension n'est pas excessive : cela ne peut se faire qu'en connaissant toutes les données du transformateur employé. Il sera, en général, avantageux d'admettre des moteurs pour former une partie de la charge si ces moteurs sont nombreux et de faible puissance, ne démarrant pas trop fréquemment.

» La chute de tension se produisant simultanément sur les trois phases n'est pas toujours un inconvénient si l'on peut régler la tension primaire de chaque transformateur; elle devient au contraire fort nuisible si tous les transformateurs sont alimentés par un même

réseau. Cette considération doit aussi influer sur l'adoption de transformateurs spéciaux pour moteurs.

» Dans tous les cas, il est évident que les moteurs triphasés synchrones, convenablement excités, ne peuvent être qu'excellents au point de vue des chutes de tension : ils sont malheureusement très rares dans les réseaux d'éclairage. »

V. Méthode approximative pour la détermination des chutes de tension. — Si la méthode précédente a l'avantage de tenir compte de toutes les pertes et de permettre l'étude comparative des divers modes de connexions primaires, elle a l'inconvénient de conduire à des calculs assez laborieux.

Dans beaucoup de cas de la pratique on pourra la simplifier considérablement comme il est exposé ci-dessous.

Cette méthode approximative est basée sur l'hypothèse que les forces électromotrices induites dans les trois enroulements secondaires sont égales et déphasées de 120°. Cela revient à négliger complètement les pertes primaires. Toutefois, on peut doubler le coefficient de self-induction admis pour le secondaire, pour tenir compte, dans une certaine mesure, de la dispersion primaire.

En admettant encore les notations utilisées ci-dessus, nous pourrons écrire, par application des lois de Kirchhoff au réseau secondaire seulement,

(1) $$[E_1] = [i_1]z_1 + [i_n]z_n,$$

(2) $$[E_2] = [i_2]z_2 + [i_n]z_n,$$

(3) $$[E_3] = [i_3]z_3 + [i_n]z_n,$$

(4) $$[i_1] + [i_2] + [i_3] = [i_n].$$

En remplaçant dans (4), $[i_1]$, $[i_2]$, $[i_3]$, par leurs valeurs tirées des trois premières équations

$$[i_n][z_n(z_1z_2 + z_2z_3 + z_3z_1) + z_1z_2z_3] = [E_1]z_2z_3 + [E_2]z_1z_3 + [E_3]z_1z_2.$$

En remplaçant $[i_n]$ par sa valeur tirée de cette équation dans (1), (2), (3), on trouve

$$[i_1] = \frac{[E_1]}{z_1} - \frac{z_n[E_1]z_2z_3 + [E_2]z_1z_3 + [E_3]z_1z_2}{z_1z_n(z_1z_2 + z_2z_3 + z_3z_1) + z_1z_2z_3},$$

et deux équations analogues.

Les tensions aux bornes des récepteurs sont encore données, dans le cas général, par

$$[v_1] = [i_1]z_1''',$$

et deux égalités analogues.

Examinons les quelques cas particuliers correspondant à ceux étudiés par la méthode exacte.

Soient $z_1 = z_2 = z_3$. Les trois courants ont la même valeur et l'on a

$$[i_1] = \frac{[E_1]}{z_1}, \qquad [v_1] = [i_1]z_1'''.$$

Si $z_1 = z_2 = z_3 = \infty$, il est évident que

$$[v_1] = [E_1], \qquad [v_2] = [E_2], \qquad [v_3] = [E_3].$$

Dans le cas où $z_2 = z_3 = \infty$ et z_1 quelconque, on a

$$i_1 = \frac{[E_1]}{z_n + z_1}, \qquad [i_1] = [i_2] = 0,$$

et les tensions aux bornes sont

$$[v_1] = \frac{[E_1]}{z_1}z''', \qquad [v_2] = [E_2] - [i_2]z_n,$$
$$[v_3] = [E_3] - [i_3]z_n.$$

Enfin, si $z_1 = \infty$ et $z_2 = z_3$ quelconque, on a pour les courants

$$[i_1] = 0.$$
$$[i_2] = \frac{[E_2]}{z_2} + \frac{z_n}{z_2}\,\frac{[E_1]}{z_2 + 2z_n},$$
$$[i_3] = \frac{[E_3]}{z_2} + \frac{z_n}{z_2}\,\frac{[E_1]}{z_2 + 2z_n}.$$

Les tensions aux bornes sont

$$[v_1] = [E_1] - \{[i_2] + [i_3]\}z_n,$$
$$[v_2] = [i_2]z_2''',$$
$$[v_3] = [i_3]z_3'''.$$

L'auteur a calculé les valeurs numériques dans ces différents cas en adoptant les mêmes données que dans les exemples cités plus haut. Les résultats obtenus sont résumés dans le Tableau suivant :

	$\cos\varphi = 0,8$.				$\cos\varphi = 1$.			
Nombre de phases chargées...	0.	1.	2.	3.	0.	1.	2.	3.
i_1.....	0	265	0	274	0	289	0	293
i_2.....	0	0	270	274	0	0	293	293
i_3.....	0	0	270,5	274	0	0	293	293
v_1.....	200	176	206,5	181,5	200	191,5	206	194,5
v_2.....	200	204	179	181,5	200	197	194,5	194,5
v_3.....	200	203	179,5	181,5	200	204	194,5	194,5

TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE.

TÉLÉGRAPHIE.

Perturbations produites par la traction électrique sur les lignes télégraphiques, par Enrico MIRABELLI, inspecteur central technique, à Rome (*Journal télégraphique*, t. XXXIII, 25 août 1909, p. 177-182). — Dans cet article, traduction d'une communication faite par l'auteur, en septembre 1908, au Congrès des ingénieurs des télégraphes et des téléphones de Budapest, sont relatés les résultats des expériences faites sur les lignes télégraphiques avoisinant les chemins de fer électriques de la Valteline allant de Lecco à Sondrio et à Chiavenna, le chemin de fer de Milan à Porto-Ceresio et nombre d'autres lignes à traction électrique d'importance moindre.

1. Rappelons que les chemins de fer électriques de la Valteline (110^{km}) sont caractérisés par les points suivants : ligne électrique de transmission de courants triphasés à 15000 volts alimentant des sous-stations distantes de 10^{km} environ; abaissement de la tension à 3000 volts; transmission des courants à 3000 volts par deux conducteurs espacés de $0^m,90$ portés par des poteaux qui le plus souvent servent en même temps de supports à la ligne à haute tension (*fig.* 1). Quant au

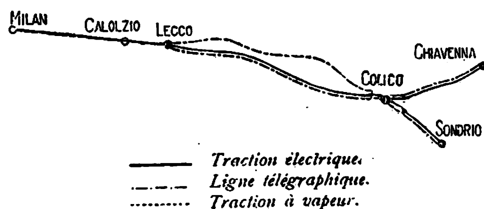


Fig. 1.

chemin de fer de Milan à Porto-Ceresio (75^{km}), il est alimenté par courant continu à 650 volts avec transmission triphasée à 13000 volts et transformation dans cinq sous-stations (*fig.* 2).

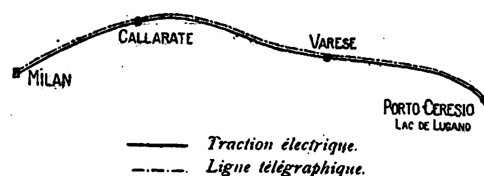


Fig. 2.

L'exploitation du chemin de fer électrique de Varese par le courant continu n'a pas engendré de perturbations sensibles sur les fils télégraphiques qui longent la voie. Quelques défauts se produisirent jadis, à la suite de mauvaises connexions des rails, mais les dérangements n'avaient pas d'importance et ils cessèrent aussitôt.

2. Lorsqu'on effectua les premiers essais de traction électrique sur les lignes Lecco-Sondrio et Colico-Chiavenna, on constata des perturbations très sensibles sur les fils télégraphiques qui longent le chemin de fer.

Ces fils, parallèles aux conducteurs primaires et secondaires de la traction électrique, sont en fer d'un diamètre de 3^{mm} à 5^{mm} avec leurs extrémités prenant terre à distances variables de 100^{km} à 350^{km}. La distance entre les deux espèces de conducteurs est à peu près de 3^m à 4^m, selon la localité. Entre Lecco et Colico, une portion des fils suit la route qui longe le lac en s'éloignant des conducteurs d'énergie jusqu'à atteindre une distance de 40^m à 200^m.

Les perturbations causées par les courants de traction se révélaient, à la marche des trains, sous forme de courants alternatifs d'intensité variable et qui empêchaient complètement la réception des signaux télégraphiques. On essaya d'intercaler des bobines de self-induction dans les circuits dérangés, mais sans résultat appréciable. L'usage de boites de capacité n'améliora pas les conditions des fils. Les expériences effectuées pour déterminer si les perturbations étaient produites par des courants d'induction électrostatique ou électromagnétique, ou par des courants parasites, n'aboutirent pas à des résultats concluants.

Comme il était indispensable et urgent de commencer l'exploitation de la ligne par la traction électrique, on équipa à double fil tous les circuits télégraphiques entre Lecco-Sondrio et Colico-Chiavenna. Des translateurs installés à Lecco et à Chiavenna réunirent les lignes à simple fil avec les portions bouclées, et de la sorte on put marcher régulièrement entre les bureaux télégraphiques correspondants. Le dispositif est indiqué

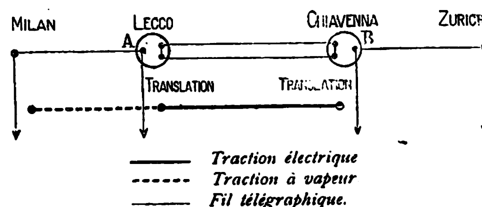


Fig. 3.

par la figure 3. Le fil télégraphique est le circuit Milan-Zurich long de 250^{km} et desservi par Hughes simplex.

Sur les lignes ainsi aménagées à double fil, les perturbations disparurent presque complètement, à la condition que l'isolement des conducteurs fût bien soigné.

Mais l'installation du double fil et des translateurs ôtait beaucoup de souplesse à l'augmentation et à la transformation des lignes télégraphiques omnibus longeant le chemin de fer électrique et desservies au Morse. On

essaya alors leur fonctionnement à simple fil et par courant continu, système américain ou allemand, avec une intensité de courant de 25 à 35 milliampères, suffisante pour vaincre l'effet nuisible des perturbations et pour entretenir une parfaite attraction de l'armature du Morse. Cet arrangement a donné d'assez bons résultats et l'exploitation des lignes télégraphiques omnibus qui longent le chemin de fer électrique s'effectue d'une manière satisfaisante. On note toutefois des perturbations sensibles lorsque circulent sur le chemin de fer électrique les tracteurs très puissants de trains de marchandises qui comportent quatre moteurs en parallèle (3000 volts, 150 chevaux, 300 t : m pour 15 p : s); les perturbations sont particulièrement gênantes aux démarrages.

3. La traction électrique sur les chemins de fer de la Valteline devant être prolongée jusqu'à Calolzio puis Milan, on a dernièrement effectué de nouvelles expériences pour étudier la nature des perturbations que ressent tout fil télégraphique dépourvu d'arrangement spécial.

Tout d'abord, on constata que les perturbations n'étaient pas engendrées par l'induction électrostatique, car elles ne se manifestaient pas d'une manière continue, ce qui aurait dû arriver si elles étaient dues à cette cause, puisque les conducteurs primaires et secondaires des lignes de traction sont constamment sous charge. La valeur du courant attribuable à l'induction électrostatique ne dépasserait pas, en tout cas, 1 ou 2 milliampères.

On a essayé ensuite de déterminer si la marche des trains électriques produisait des courants parasites de dérivation. Dans ce but, on a employé un fil télégraphique long de 8^{km} réunissant la gare de Lecco à celle de Calolzio, gares entre lesquelles ne fonctionne pas la traction électrique. Le fil prenait terre à Calolzio et était embroché en dérivation sur la plaque de terre du bureau de Lecco-gare où aboutissent les autres fils télégraphiques de la Valteline. Ce fil d'essai avait une résistance de 100 ohms et en circuit avec ce fil se trouvaient un milliampèremètre électrodynamique de 300 ohms et un milliampèremètre à cadre mobile de Weston de 100 ohms (*fig.* 4).

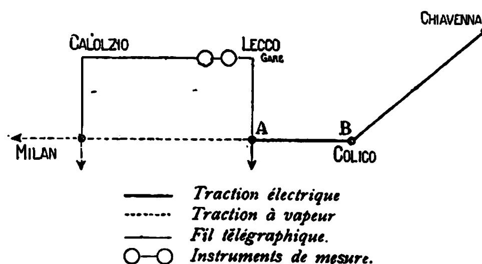


Fig. 4.

Lorsqu'il n'y avait pas de train en circulation entre A et B, les instruments décelaient un courant continu, de 1 milliampère tout au plus; c'était l'effet dû à l'induction électrostatique. Au démarrage d'un train électrique de A vers B, on constatait un courant pulsatoire qui avait une composante alternative (intensité efficace) de 10 milliampères; le courant diminuait à mesure que le train s'éloignait et devenait nul quand le train arrivait à 5^{km} de A. Ce résultat, contrôlé par de nombreuses expériences, montrait donc qu'entre les deux terres de Lecco-gare et de Calolzio (éloignées de presque 8^{km}) se produisait, au démarrage d'un train en A, une différence de potentiel de 5 volts, qui diminuait rapidement jusqu'à zéro avec l'éloignement du train. Les fils télégraphiques ne peuvent par conséquent être sensiblement gênés par les courants de dérivation.

Restait à déterminer le rôle joué par l'induction électromagnétique. Pour cela, on utilisa le fil conducteur en fer reliant Milan à Coire, fil situé sur la route qui borde le lac de Lecco à Colico à une distance moyenne de 40^m à 200^m des conducteurs primaires et secondaires de la ligne de traction (*fig.* 5). Ce fil fut connecté à la

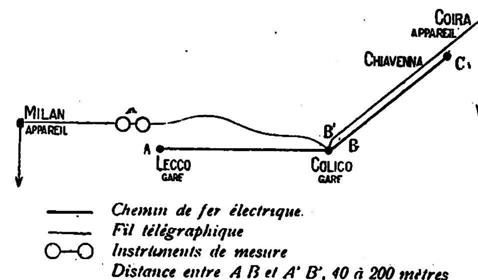


Fig. 5.

terre à Milan et à Coire par l'intermédiaire des appareils de réception et, dans le circuit ainsi formé, on intercala les deux instruments de mesure dont il vient d'être question. La résistance de la ligne était de 2100 ohms, celle des instruments de mesure de 410 ohms et les appareils récepteurs de Milan et de Coire présentaient une résistance totale de 1200 ohms et une inductance de presque 50 henrys. Les observations faites pendant que les trains électriques marchaient de A vers C et de C vers A montrèrent l'existence d'un courant ayant une intensité efficace de 6 milliampères. La différence de potentiel correspondante était donc

$$U = I\sqrt{R^2 + L^2\omega^2}$$
$$= 0{,}006\sqrt{\overline{3700}^2 + \overline{2 \times 3{,}14 \times 15 \times 50}^2} = 36 \text{ volts}.$$

Or les terres des bureaux de Milan et Coire étant éloignées de 220^{km}, la perturbation dénoncée par les instruments ne pouvait être attribuée aux courants parasites, mais uniquement à l'induction électromagnétique.

Pour contrôler l'expérience ci-dessus, on profita d'un autre fil télégraphique qui suit constamment le chemin de fer électrique, de Lecco à Colico, à 5^m de distance des conducteurs primaires et secondaires de la traction. On réunit ce fil à la portion du fil télégraphique Milan-Coire qui est entre Lecco et Colico sur la route lointaine du chemin de fer, et l'on boucla les deux fils

sur les appareils de mesure (*fig.* 6). La résistance de la boucle était de 800 ohms et son isolement de presque 13 mégohms. On effectua plusieurs lectures des instruments au passage des trains électriques marchant

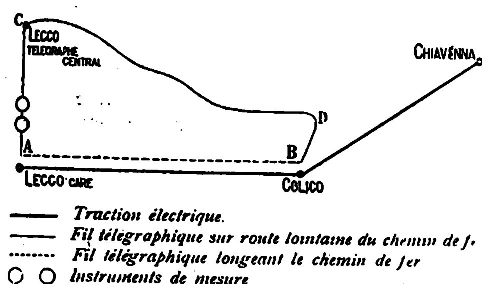


Fig. 6.

de Lecco à Colico et *vice versa,* et l'on constata l'existence d'un courant alternatif efficace de 14 milliampères. Conséquemment la force électromotrice agissante sur la boucle était de 16,8 volts.

Or, si l'on tient compte que les deux fils télégraphiques qui formaient la boucle ABCD ressentaient tous les deux l'induction des conducteurs de la traction électrique, on déduit aussitôt que la valeur de la force électromotrice signalée par les instruments était seulement la différence des effets exercés par les conducteurs de la traction sur le fil AB et sur le fil CD. Par conséquent, lorsque le fil AB prend terre à Lecco et à Colico, pour former un circuit télégraphique, il doit ressentir l'action d'une force électromotrice bien supérieure à 16 volts, avec des effets certainement nuisibles.

L'ensemble des expériences montre donc que les perturbations produites par la traction électrique sur les fils télégraphiques sont dues principalement à l'*induction électromagnétique*. Les *courants parasites* y entrent pour une quantité bien petite, lorsque les conditions de toutes les installations sont parfaites. La valeur de l'*induction électrostatique* est négligeable.

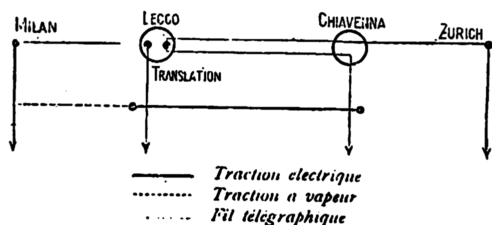


Fig. 7.

4. L'exploitation des lignes télégraphiques avec fil double et translateurs suivant le schéma de la figure 3, tout en étant assez bonne, présente néanmoins plusieurs inconvénients d'ordre général : *a.* Les poteaux sont surchargés par la pose des doubles fils qui constituent les circuits desservis au Hughes, au Morse duplex, etc.; *b.* Les dérangements sont plus fréquents et plus nombreux par suite de l'augmentation des conducteurs; *c.* L'écoulement de la correspondance télégraphique est rigidement relié au fonctionnement des translateurs installés dans les bureaux; *d.* L'entretien des bureaux de translation est onéreux, car il faut y attacher un personnel plus nombreux et expérimenté; *e.* L'entretien et la réfection des lignes sont plus difficiles et plus coûteux.

Pour simplifier les installations, on vient d'essayer l'usage d'un seul groupe de translateurs au lieu de la paire indiquée figure 3 pour constituer le lacet AB. Le dispositif suivi est représenté figure 7 et consiste essentiellement à couper la boucle et à réunir un des conducteurs à la ligne télégraphique à simple fil, connectant l'autre conducteur à la terre. La figure 8 montre la connexion des conducteurs qui aboutissent aux translateurs.

Ce dispositif a l'avantage de supprimer une translation, mais il place dans des conditions différentes les

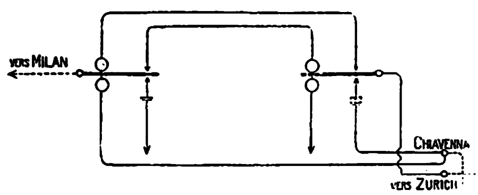


Fig. 8.

deux conducteurs qui forment l'aller et le retour du fil télégraphique. Conséquemment les effets de l'induction électromagnétique pourraient encore se manifester. Cependant les résultats pratiques du dispositif sont satisfaisants et la correspondance s'écoule, jusqu'à présent, régulièrement.

5. Toutefois l'auteur fait observer que cette solution, satisfaisante pour les lignes de la Valteline qui ont très peu de fils desservis par appareils rapides (Hughes, duplex Morse, Baudot), serait difficilement applicable à des lignes comprenant beaucoup de circuits importants. A ces lignes il faudrait nécessairement donner un autre tracé suffisamment distant de celui du chemin de fer électrique pour que les perturbations d'ordre électromagnétique ne puissent s'y produire. Comme ces perturbations se manifestent jusqu'à une distance de 800^{m} au moins, les lignes télégraphiques se trouveraient dès lors dans des conditions tout à fait désavantageuses pour la réparation des dérangements, l'entretien des lignes et leur réfection. Aussi l'auteur conclut-il qu'il est nécessaire et urgent de trouver une autre solution plus pratique.

Peut-être, dit-il, l'application de condensateurs et de résistances inductives sur les fils télégraphiques dans les voisinages des bureaux ou des localités où commence et finit la traction électrique pourra-t-elle donner une solution. De même une solution pourra se présenter en essayant les dispositifs qui permettent une séparation des courants de nature différente.

Il se peut que malgré tout la nécessité d'employer absolument le double fil sur les circuits télégraphiques s'imposera. Dans ce cas, il pourrait être utile de réunir tous les fils en câbles, constituant une ligne souterraine posée tout le long du chemin de fer, dans la zone où les travaux de déblaiement, de changement de traverse, etc., ne l'endommageraient pas. On aurait de la

sorte la possibilité d'exécuter rapidement la coupure des circuits dans le cas de dérangement, moyennant des trous d'homme convenablement espacés. En même temps on aurait des lignes complètement à l'abri des tempêtes qui ne réclameraient qu'un entretien assez facile. Naturellement, le câble qui doit satisfaire à ce but spécial doit être étudié spécialement. Mais, heureusement, pour combattre et atténuer les effets nuisibles de la capacité, la technique possède déjà d'assez bons moyens, soit par le facteur *ligne*, soit par le facteur *appareil*. En effet, le Hughes à double courant donne des résultats pratiques assez satisfaisants.

L'auteur envisage aussi un autre genre de solution. Attendu, dit-il, que les perturbations engendrées sur les fils télégraphiques par le courant continu sont assez faibles et ne gênent pas la marche pratique des appareils, il faudrait tâcher de prescrire que l'exploitation de la traction électrique se fît uniquement par courant continu ou par le dispositif du système de traction Œrlikon, ou même par le dispositif qui a fonctionné entre Berlin et Zossen (courant triphasé), à savoir avec trois conducteurs pour la ligne secondaire.

Station radiotélégraphique de Cullercoats (Angleterre), par AAGE et SÖRENSEN. Communication à la section de Newcastle de l'Institution of Electrical Engineers (*Electrician*, 4 juin 1909). — Le mât porte une antenne en forme de tente, composée de huit fils obliques groupés par quatre de chaque côté de ce mât, et soigneusement isolés par rapport à son sommet. La prise de terre de cette antenne est formée de soixante-dix fils de cuivre de 2^{mm} de diamètre, enterrés à 15^{cm} de profondeur, disposés en éventail circulaire et dont chacun a une longueur de 40^{m}.

Les oscillations sont produites au moyen d'un transformateur rotatif donnant du courant alternatif de fréquence 90 à 120, et à une tension de 300 à 600 volts. Ce courant est envoyé à un transformateur, dont le secondaire est intercalé dans le circuit oscillant de l'éclateur. La longueur d'onde normale de l'antenne est de 800^{m}, mais elle peut être réglée à volonté entre 300^{m} à 2000^{m}, au moyen d'une bobine de self-induction et d'une capacité, groupées en série ou en dérivation. Le détecteur est du type électrolytique et la réception se fait à l'audition.

Cette station comporte, en outre, un deuxième poste transmetteur système Poulsen, permettant de lancer des ondes non amorties produites par un arc électrique brûlant dans une atmosphère d'hydrogène. Cette dernière est obtenue par décomposition d'un peu d'alcool méthylique. Le circuit est complété par un *ticker* (contact intermittent) qui coupe le train d'ondes continues à des intervalles assez rapprochés pour produire un son, et le récepteur peut être complété par un dispositif enregistreur. Le plus sensible de ces dispositifs paraît être un récepteur photographique, qui a permis d'enregistrer régulièrement trois cents mots par minute.

TÉLÉPHONIE.

Téléphonomètre Zénith (*La Nature*, 15 octobre 1909). — Le téléphonomètre, actuellement en service au bureau téléphonique de Berne, a pour but de contrôler la durée des conversations téléphoniques et d'avertir par un signal que le temps normal de conversations accordé par les règlements va bientôt se trouver écoulé.

Cet appareil n'est autre qu'une montre de fortes dimensions portant sur le côté une manette servant à la mettre en marche ou à l'arrêter. Le cadran porte une division en 12 minutes sur laquelle se meut une aiguille; les secondes sont indiquées par une trotteuse. Le mouvement intérieur porte un disque muni de quatre goupilles et qui est solidaire de l'axe de l'aiguille des minutes. Au bout de 2 minutes 30 secondes de fonctionnement l'une des goupilles vient fermer un circuit commandant un signal, qui, à Berne, consiste dans l'allumage d'une petite lampe à incandescence. La durée du contact est de 30 secondes, de sorte qu'au bout de 3 minutes de fonctionnement, c'est-à-dire à la fin d'une durée normale de conversation, le signal cesse de se produire. Il se reproduit au bout de 5 minutes 30 secondes, de 8 minutes 30 secondes et de 11 minutes 30 secondes de fonctionnement au moyen des trois autres goupilles du disque mobile.

Dès le début d'une conversation entre deux abonnés l'employé téléphoniste met l'appareil en marche en poussant la manette dans le sens convenable. La lampe, en s'allumant, l'avertit que le temps réglementaire d'une conversation est sur le point d'expirer et il en informe les correspondants. Ceux-ci peuvent d'ailleurs continuer à causer au delà des 3 minutes réglementaires en payant double taxe. Quand la conversation est terminée l'employé remet la manette dans sa position primitive et par ce mouvement, en même temps qu'il arrête l'appareil et remet les aiguilles au zéro, il bande le ressort moteur juste de la quantité dont il s'est débandé pendant le fonctionnement.

Le téléphonomètre a son emploi tout indiqué dans les bureaux assurant les communications interurbaines, communications qui sont taxées suivant leur durée comptée par 3 minutes. En fournissant à l'employé un contrôle de cette durée il lui permet d'éviter que les conversations ne dépassent, comme il arrive le plus souvent, la durée réglementaire, et par conséquent lui donne la possibilité d'accélérer le service, avantage qui est à considérer sur les lignes interurbaines très chargées où il faut parfois attendre plusieurs heures son tour de conversation. En outre il évite dans une certaine mesure les contestations entre l'abonné et l'employé sur la taxe à appliquer; il permettrait d'ailleurs de les éviter complètement s'il était installé non seulement au bureau central, mais encore chez l'abonné, ce qui est possible sans grand frais en limitant l'installation aux abonnés qui font souvent usage de communications interurbaines.

BIBLIOGRAPHIE [1].

Annuaire du Bureau des Longitudes pour l'année 1910. Un Volume $16^{cm} \times 12^{cm}$, 656 pages de Tables et 180 pages de Notices. Gauthier-Villars, éditeur. Prix : broché, $1^{fr},50$ net et $1^{fr},85$ franco.

Cet excellent Recueil renferme cette année, après les documents astronomiques, des Tableaux relatifs à la Physique et à la Chimie. On y trouve : éléments magnétiques, corrections et comparaison des baromètres et des thermomètres, dilatation des liquides, tensions de vapeur, élasticité et frottement des solides, viscosité des gaz, longueurs d'ondes, solubilité, etc., etc.

Parmi les Notices qu'il renferme, signalons celle de M. Baillaud sur la *Réunion du Comité international de la Carte photographique du Ciel* et celle de M. Lallemand sur les *Marées de l'Écorce terrestre*.

Traité de Physique, par O.-D. CHWOLSON, professeur à l'Université de Saint-Pétersbourg. T. II, fasc. 4 : *Diffraction, double réfraction et polarisation de la lumière*. 1 vol. $25^{cm} \times 16^{cm}$, 1188 p., 182 fig. A Hermann et fils, éditeurs, 6, rue de la Sorbonne. Prix : 17^{fr}.

Ce fascicule termine le tome II de l'important ouvrage de M. Chwolson, ouvrage que nous avons eu plusieurs fois l'occasion de présenter à nos lecteurs au fur et à mesure de la publication des divers fascicules qui le composent. En raison de la nature des matières que renferme le fascicule paru en dernier lieu, nous ne faisons que signaler sa publication.

Éléments de la théorie des probabilités, par Émile BOREL, professeur adjoint à la Faculté des Sciences de Paris. 1 vol. $25^{cm} \times 16^{cm}$, 192 p. A. Hermann et fils, éditeurs, 6, rue de la Sorbonne. Prix : 6^{fr}.

Le calcul des probabilités intervient dans un grand nombre de questions de physique, de biologie, de sciences économiques. Or beaucoup de ceux qui s'intéressent à ces questions n'ont souvent pas le temps d'étudier complètement les théories mathématiques qui se rattachent aux probabilités. C'est pour ces personnes que M. Borel a écrit l'ouvrage qui nous occupe. Il est donc écrit sous une forme aussi élémentaire que possible, et, en fait, sa compréhension n'exige que la connaissance de la définition de l'intégrale définie et des notions d'algèbre et de géométrie que cette définition suppose. Il ne peut dès lors manquer de rendre de grands services à ceux qui, cantonnés dans les sciences expérimentales ou économiques, ont l'occasion d'appliquer le calcul des probabilités.

La Grammaire des Électriciens enseignée aux débutants par expériences et mesures. Tome I : *Le courant continu*, par F. GOSSART, professeur de Physique expérimentale à la Faculté des Sciences de Bordeaux. Un volume $23^{cm} \times 14^{cm}$, 444 pages, 151 figures. Vuibert et Nony, 63, boulevard Saint-Germain, éditeurs. Prix : broché, 6^{fr}.

Les cours publics d'Électricité industrielle qui ont été fondés dans la plupart des grandes villes sont généralement fréquentés par un public très hétérogène au point de vue des connaissances acquises : à côté de l'ingénieur sorti de l'École Centrale ou de l'École Polytechnique, de l'étudiant qui a appris les Mathématiques supérieures, viennent s'assoir l'ouvrier et l'amateur électricien. Il en résulte pour le professeur une très grande difficulté pour intéresser tous ses auditeurs : ou bien il restera très élémentaire et risque dès lors d'éloigner les premiers; ou bien il se permettra l'emploi des formules mathématiques et ce sont alors les seconds qui sont sacrifiés.

Le plus souvent le professeur se tire de cette difficulté en donnant un grand développement à la partie expérimentale, laquelle intéresse toujours les uns et les autres, et en saisissant chaque occasion qui se présente pour donner une définition, écrire ou établir une formule. Mais cette difficulté n'est pas plutôt vaincue qu'une autre surgit : celle de faire retenir définitions et formules à ceux qui les entendent ou les voient pour la première fois.

Dans ses cours d'Électricité industrielle de la Faculté de Bordeaux, Gossart résolvait cette dernière difficulté en consacrant les premières leçons de chaque cycle à l'étude de l'électro-aimant et en tirant de cette étude tous les enseignements qu'elle comporte pour préciser dans l'esprit de ses auditeurs les notions de grandeurs, unités, dimensions, symboles, lois, etc. Et, comme un cycle durait plusieurs années, il faisait autographier ces leçons et distribuait ces autographies aux nouveaux auditeurs des années suivantes. C'est ainsi que furent publiées ses Leçons sur l'*Électro-aimant à courant continu*, puis celles sur l'*Électro-aimant à courant alternatif* que nous avons antérieurement signalées dans ces colonnes,

Le volume qui vient de paraître à la librairie Vuibert et Nony est la reproduction des leçons qu'il consacrait à l'étude du courant continu. Par la nature même de ces leçons, c'est un ouvrage de vulgarisation. Mais il se distingue nettement des ouvrages de vulgarisation publiés jusqu'ici. Ceux-ci, en effet, ou bien laissent complètement de côté toute formule mathématique et constituent alors un exposé, souvent intéressant, mais

[1] Il est donné une analyse bibliographique de tout Ouvrage dont *deux* exemplaires sont adressés à la Rédaction.

forcément superficiel de l'électricité, ou bien fournissent aux ouvriers de nombreuses séries de formules particulières qui permettent à ceux-ci de résoudre les problèmes qu'ils rencontrent en pratique, mais ne leur donnent aucune compréhension générale des rapports que présentent entre eux les phénomènes électriques. Or, dans son ouvrage, Gossart s'est particulièrement attaché à mettre en évidence ces rapports, à bien préciser les grandeurs électriques, à expliquer les formules qui lient leurs valeurs numériques, en un mot à faire un exposé raisonné et compréhensible pour tous de la Science électrique.

Dans le peu d'espace dont nous disposons ici, nous ne pouvons nous étendre sur les matières qui sont présentées dans cet ouvrage. Disons seulement, pour donner une idée de la manière dont elles sont traitées, que Gossart ne craint pas d'établir, d'une manière élémentaire bien entendu, la formule du galvanomètre balistique, celle de la force électromotrice d'induction, celle du circuit magnétique, etc. Et lorsqu'on examine la façon dont sont amenées ces formules, lorsqu'on lit les divers exemples qui en montrent l'emploi pratique, on reste convaincu que, si minimes que soient ses connaissances mathématiques, le lecteur doit nécessairement comprendre, et qu'il n'est pas extraordinaire que, comme le dit Gossart dans sa préface, de simples ouvriers soient parvenus, avec un peu d'application, à résoudre des problèmes proposés aux concours d'agrégation.

L'ouvrage de Gossart marque donc une nouvelle étape dans la marche progressive de la vulgarisation scientifique. On pourrait le comparer aux ouvrages de vulgarisation des grands savants anglais qui ne craignent pas d'exposer, dans un langage accessible à tous, les plus hautes conceptions scientifiques ou philosophiques de l'esprit humain. Mais la comparaison ne serait qu'imparfaite, car, tandis que dans les conférences populaires des savants anglais on trouve maints chapitres dont la compréhension exacte échappe aux plus instruits, il n'est pas dans le livre de Gossart une page qui laisse quelque regret au point de vue de la clarté. On sent que Gossart a mis dans la rédaction de ses leçons toute l'érudition et toute la pratique didactique acquises dans quarante années d'enseignement de la Physique.

Cet ouvrage devait malheureusement être le dernier qu'il écrivit. Ainsi que nous l'avons annoncé dans ce journal, Gossart est décédé le 28 août. Jusqu'à ses derniers moments il se préoccupait de la publication de son œuvre et peu de jours avant sa mort il corrigeait les épreuves du tome II consacré au courant alternatif. Nous en rendrons compte dès qu'il sera paru.

J. B.

La machine à influence, son évolution, sa théorie, par V. SCHAFFERS, docteur ès sciences. Un vol. $23^{cm} \times 14^{cm}$, 506 pages. 197 figures. Gauthier-Villars, éditeur. Prix : 10^{fr}.

Sans aucune application industrielle, les machines électrostatiques sont tout à fait dédaignées par l'ingénieur et même par le physicien. C'est tout au plus si le professeur s'y intéresse un peu, forcé qu'il est de les décrire dans ses cours; encore passe-t-il très rapidement sur leur théorie, sous le prétexte qu'elle est très imparfaitement connue.

En fait toute une classe de machines électrostatiques, les machines à influence, ne mérite pas un si profond dédain. La théorie de leur fonctionnement est en très grande partie connue et des mesures ont été faites pour essayer de vérifier son exactitude; on peut, il est vrai, reprocher à ces mesures de n'être que très approximatives, mais ce défaut provient de ce que l'on applique à l'étude de ces machines nos ordinaires instruments de mesure, construits pour l'étude des sources d'électricité usuelles dont le potentiel est incomparablement plus faible, et il est probable que si des recherches plus nombreuses étaient faites sur les machines électrostatiques on trouverait peu à peu des appareils de mesures plus appropriés et dès lors plus précis.

D'un autre côté il n'est peut-être pas juste de considérer les machines à influence comme dénuées d'intérêt industriel. Plusieurs praticiens de notre connaissance pensent en effet que le jour où l'on se mettra résolument à la recherche d'une machine industrielle on parviendra sûrement à résoudre ce problème et qu'alors la machine électrostatique deviendra un concurrent très sérieux des appareils électrodynamiques dans les applications des courants de haute tension : production des rayons Röntgen, fabrication de l'ozone et autres corps chimiques sous l'action des effluves et des étincelles, télégraphie sans fil, éclairage par luminescence, etc.

L'auteur s'est proposé de secouer l'indifférence des uns et de faciliter les recherches des autres en réunissant et coordonnant tout ce qui a été publié d'utile jusqu'ici sur la machine à influence. Déjà une partie de ce programme a été remplie par J. Gray. Mais Gray s'est placé principalement au point de vue descriptif, tandis que M. Schaffers, dont les travaux personnels sur la question sont très importants, se place au point de vue pratique. Il est donc à espérer que la publication de son ouvrage aura pour conséquence de provoquer de nouvelles recherches faisant entrer la machine à influence dans le domaine des applications industrielles.

J. B.

La technique pratique des courants alternatifs, t. II : *Développements et calculs pratiques relatifs aux phénomènes du courant alternatif*, par G. SARTORI, professeur à l'Institut technique de Milan. Seconde édition française, traduite, revue et corrigée par J.-A. MONTPELLIER, rédacteur en chef de l'*Électricien*. 1 vol. $25^{cm} \times 16^{cm}$, 656 p., 287 fig. H. Dunod et E. Pinat, 49, quai des Grands-Augustins, Paris. Prix : broché, 20^{fr}; cartonné, $21^{fr},50$.

Nous avons déjà signalé ici la publication de la seconde édition du tome I où les phénomènes du courant alternatif sont étudiés au point de vue physique et descriptif. C'est maintenant le tour du second volume d'être l'objet d'une édition nouvelle.

Dans ce tome sont étudiés, dans le même ordre, les mêmes phénomènes que dans le premier, mais en se plaçant cette fois au point de vue mathématique.

Nous avons déjà dit ici tout le bien que nous pensions de cet important ouvrage. L'épuisement rapide

de la première édition montre que nous sommes plus d'un du même avis.

Le succès de cet ouvrage provient nécessairement en première ligne de l'originalité du plan adopté par M. Sartori et de la façon élémentaire dont il l'a développé. Mais les soins que M. Montpellier a mis à sa traduction n'y sont certainement pas étrangers : la première édition était déjà irréprochable comme traduction; celle-ci présente en outre l'avantage de contenir, en appendice, les 70 formules principales de l'ouvrage avec l'indication des pages où elles sont établies.

Les isolants en Électrotechnique, par Karl WERNICKE, traduit de l'allemand par A. Halphen. Un vol. $21^{cm} \times 14^{cm}$, 181 p., 60 fig. Ch. Béranger, éditeur, 15, rue des Saints-Pères.

Après avoir exposé les conditions auxquelles doivent satisfaire les matières isolantes, l'auteur indique quels sont les essais auxquels il convient de les soumettre et donne en détail la façon dont doivent être conduits ces essais. Il passe ensuite à la description des nombreux isolants actuellement utilisés en Électrotechnique, et, bien qu'il se borne aux principaux, cette description n'occupe pas moins de 80 pages. Quelques mots sur la manière dont on doit employer les isolants et quelques considérations sur les isolateurs aériens terminent cet Ouvrage qui présente d'autant plus d'intérêt pour les électriciens, que c'est le seul de la littérature technique française s'occupant exclusivement des isolants.

Les oscillations électromagnétiques et la télégraphie sans fil, par le professeur Dr J. ZENNECK; traduit de l'allemand par P. Blanchin, G. Guérard, E. Picot, officiers de Marine. Deux vol. $25^{cm} \times 16^{cm}$, de 505 et 489 p., 422 et 380 fig. Gauthier-Villars, éditeur. Prix de chaque volume : broché, 17^{fr}.

Cet Ouvrage est extrait des Conférences faites par l'auteur à l'Université de Strasbourg, de 1901 à 1903, à la suite d'essais nombreux, poursuivis pendant toute une année, sur le système de télégraphie sans fil du Dr Braun.

Le premier volume traite des courants alternatifs à fréquence ordinaire, puis des courants de haute fréquence. Parmi les chapitres qu'il renferme et dont les titres peuvent donner une idée de la manière dont ces sujets sont traités, citons : Étude du champ électromagnétique, généralités sur les oscillations électromagnétiques, machine à courant alternatif et alternateur à courant triphasé, les transformateurs techniques, oscillations propres des circuits à condensateur, le circuit magnétique à haute fréquence. Ce volume est donc surtout consacré à l'étude des lois des courants alternatifs utilisés communément dans l'industrie électrique et s'adresse particulièrement aux techniciens.

Avec le second volume, nous entrons dans le domaine des oscillations électriques proprement dites, étudiées par Hertz et appliquées à la télégraphie sans fil. L'auteur y étudie successivement les oscillations produites par les systèmes ouverts et les systèmes couplés; puis il passe à la propagation des ondes magnétiques dans les cylindres de fer et à celle des ondes électromagnétiques le long des fils; ensuite il fait une étude générale des producteurs et des détecteurs d'ondes, expose les principes des appareils émetteurs et récepteurs utilisés en télégraphie sans fil et termine par des considérations électro-optiques sur les ondes électromagnétiques.

De nombreuses notes placées à la fin de chaque volume, des Tables pour les calculs numériques relatifs aux circuits de haute fréquence complètent cet Ouvrage, qui présente ce caractère, le distinguant nettement des autres Ouvrages publiés sur le même sujet, d'être à la fois technique et scientifique. J. B.

Téléphonie sans fil, par Ernst RUHMER, traduit de l'allemand par L. Ancel, ingénieur des Arts et Manufactures. Un vol. $25^{cm} \times 16^{cm}$, 225 p., 151 fig. H. Desforges, éditeur, 29, quai des Grands-Augustins. Prix : broché, 8 fr.

Cet Ouvrage est divisé en deux Parties. Dans la première se trouvent exposées les nombreuses expériences faites en vue de transmettre à distance les vibrations sonores par l'intermédiaire des ondes lumineuses, et en particulier les expériences retentissantes faites par l'auteur lui-même, qui, en 1902, parvenait à téléphoner à 10^{km} de distance par ce procédé. Dans la seconde sont décrits les dispositifs non moins nombreux qui sont utilisés ou ont été essayés pour résoudre le problème de la téléphonie sans fil par l'intermédiaire des oscillations électriques.

Par la nature du sujet traité, l'Ouvrage de Ruhmer est des plus intéressants ; par la manière dont est présenté le sujet et par les indications bibliographiques qu'il prodigue, il est des plus instructifs. Et comme le dit M. Blondel dans la préface qu'il a écrite pour cet Ouvrage, il répond à un véritable besoin dans la littérature technique électrique, car il n'existait aucun Traité didactique complet des recherches effectuées de divers côtés depuis une dizaine d'années, en vue de la réalisation de la téléphonie à travers l'espace, sans fil conducteur intermédiaire.

Traité complet d'analyse chimique appliquée aux essais industriels, par J. POST, professeur honoraire à l'Université de Gœttingue, et B. NEUMANN, professeur à la Technische Hochschule de Darmstadt. T. I, fasc. 3, $25^{cm} \times 16^{cm}$, 862 p., 42 fig. A. Hermann et fils, éditeurs, 6, rue de la Sorbonne. Prix : 8^{fr},50.

Ce fascicule est consacré à l'analyse des minerais métalliques et des métaux du commerce et des alliages de ces métaux.

VARIÉTÉS. — INFORMATIONS.

LÉGISLATION, RÉGLEMENTATION.

Loi garantissant leur travail ou leur emploi aux femmes en couches.

Le Sénat et la Chambre des Députés ont adopté,

Le Président de la République promulgue la loi dont la teneur suit :

ARTICLE UNIQUE. — La suspension du travail par la femme, pendant huit semaines consécutives, dans la période qui précède et suit l'accouchement, ne peut être une cause de rupture, par l'employeur, du contrat de louage de services, et ce à peine de dommages-intérêts au profit de la femme. Celle-ci devra avertir l'employeur du motif de son absence.

Toute convention contraire est nulle de plein droit.

L'assistance judiciaire sera de droit pour la femme devant la juridiction du premier degré.

La présente loi, délibérée et adoptée par le Sénat et par la Chambre des Députés, sera exécutée comme loi de l'État.

Fait à Paris, le 27 novembre 1909.

A. FALLIÈRES.

Par le Président de la République :
Le Ministre du Travail et de la Prévoyance sociale,
RENÉ VIVIANI.

(*Journal officiel* du 28 novembre 1909.)

Décret du Ministre des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes portant approbation du cahier des charges pour la concession par l'État d'une distribution d'énergie électrique aux services publics.

Le Président de la République française,

Sur le rapport du Ministre des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes,

Vu la loi du 15 juin 1906 sur les distributions d'énergie, et notamment l'article 6 de cette loi;

Le Conseil d'État entendu,

Décrète :

ARTICLE PREMIER. — Est approuvé le cahier des charges ci-annexé, dressé en exécution de l'article 6 de la loi du 15 juin 1906 pour la concession par l'État d'une distribution d'énergie électrique aux services publics.

ART. 2. — Le Ministre des Travaux publics, des Postes et des télégraphes est chargé de l'exécution du présent décret, qui sera applicable à l'Algérie.

Fait à Paris, le 30 novembre 1909.

A. FALLIÈRES.

Par le Président de la République :
Le Ministre des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes,
A. MILLERAND.

CAHIER DES CHARGES TYPE

Pour la concession par l'État d'une distribution d'énergie électrique aux services publics.

CHAPITRE Ier.

OBJET DE LA CONCESSION.

Service concédé.

ARTICLE PREMIER. — La présente concession a pour objet la distribution de l'énergie électrique aux services publics organisés en vue des transports en commun, de l'éclairage public ou privé ou de la fourniture de l'énergie aux particuliers sur le parcours compris entre........................
et (1).................. département....................
en traversant les communes de..........................
département (1) de ....
. . . .

Droit d'utiliser les voies publiques.

ART. 2. — La concession confère au concessionnaire le droit d'établir et d'entretenir, sur le parcours défini à l'article 1er, soit au-dessus, soit au-dessous des voies publiques et de leurs dépendances, tous ouvrages ou canalisations destinés à la distribution de l'énergie électrique, en se conformant aux conditions du présent cahier des charges, aux règlements de voirie et aux décrets ou arrêtés intervenus en exécution de la loi du 15 juin 1906.

Le concessionnaire ne pourra réclamer aucune indemnité pour le déplacement ou la modification des ouvrages établis par lui sur les voies publiques, lorsque ces changements seront requis par l'autorité compétente pour un motif de sécurité publique ou dans l'intérêt de la voirie.

Utilisation accessoire des ouvrages et canalisations.

ART. 3. — Le concessionnaire peut être autorisé par le Ministre des Travaux publics à faire usage des ouvrages et canalisations établis en vertu de la présente concession pour fournir l'énergie à d'autres services publics ou à des particuliers, sous la condition expresse qu'il n'en résulte aucune entrave au bon fonctionnement de la distribution définie à l'article 1er ci-dessus et que toutes les obligations du cahier des charges soient remplies.

CHAPITRE II.

TRAVAUX.

Approbation des projets.

ART. 4. — Les projets de tous les ouvrages dépendant de la concession devront être approuvés dans les formes prévues par la loi du 15 juin 1906 et par le décret du 3 avril 1908.

Ouvrages à établir pour la distribution.

Le concessionnaire sera tenu d'établir à ses frais les canalisations, sous-stations, postes de transformateurs, etc., nécessaires au transport de l'énergie depuis l'usine productrice et à sa distribution.

Les ouvrages destinés à la production de l'énergie ne seront pas soumis aux dispositions du présent cahier des charges.

Toutefois, le concessionnaire sera tenu de construire et de maintenir en bon état de service une (ou plusieurs) usine(s) génératrice (s) d'une puissance totale d'au moins... kilowatts. Cette (ou ces) usine (s) ainsi que les ouvrages

(1) Spécifier, d'une part, l'usine génératrice ou le poste d'où part la ligne et, d'autre part, soit la dernière commune à desservir, soit le poste de réception où la ligne principale doit se terminer.

la (ou les) reliant au réseau de distribution feront partie de la concession ([1]).

Ouvrages et canalisations préexistants.

L'État met à la disposition du concessionnaire, qui accepte, l'ensemble des immeubles, canalisations, ouvrages, matériel et appareils constituant les installations de la distribution préexistante, suivant inventaire annexé au présent cahier des charges.

Cette mesure est consentie pour la durée de la concession, mais elle cessera de plein droit d'avoir son effet en cas de rachat ou de déchéance.

Le concessionnaire payera, pour l'usage des ouvrages de la distribution qui sont mis à sa disposition par l'État, une redevance annuelle de ... ([2]).

Délais d'exécution.

Art. 6. — Les projets des ouvrages et des lignes désignés sur le plan annexé au présent cahier des charges devront être présentés par le concessionnaire dans le délai de ..... mois à partir de l'approbation définitive de la concession.

Les travaux seront commencés dans le délai de ... à dater de l'approbation des projets et poursuivis sans interruption, de manière à être achevés dans le délai de ....

Les autres lignes seront exécutées lorsqu'elles seront nécessaires pour l'accomplissement des obligations du concessionnaire.

Propriété des installations.

Art. 7. — Le concessionnaire sera tenu d'acquérir les machines et l'outillage nécessaires à l'exploitation ([3]).

Il pourra, à son choix, soit acquérir les terrains et établir à ses frais les constructions affectées au service de la distribution, soit les prendre en location.

Toutefois, il sera tenu d'acquérir en toute propriété et de construire les ... ([4]).

Pour l'établissement des ouvrages, l'État s'engage à mettre à la disposition du concessionnaire moyennant ... ([5]).

([1]) L'État peut exiger que les usines dépendant de la concession soient en état de produire toute l'énergie nécessaire à la distribution; dans ce cas, les deuxième et troisième alinéas de l'article 5 doivent être supprimés et le premier alinéa doit être rédigé ainsi qu'il suit : « Le concessionnaire sera tenu d'établir à ses frais les ouvrages destinés à la production de l'énergie, à son transport et à sa distribution. Tous ces ouvrages feront partie intégrante de la concession. »

([2]) Les trois derniers alinéas de l'article 5 ne sont applicables que si l'État dispose, au moment de l'institution de la concession, d'un réseau de distribution déjà existant.

Dans ce cas, l'État peut mettre ce réseau à la disposition du concessionnaire à des conditions déterminées d'un commun accord. La redevance, s'il en est imposé une, peut être soit fixe, soit proportionnelle aux recettes brutes ou aux bénéfices réalisés par le concessionnaire.

([3]) Quand le concessionnaire est autorisé à ne pas produire lui-même l'énergie, le mot « l'exploitation » doit être remplacé par les mots « la distribution de l'énergie ».

([4]) L'État peut imposer au concessionnaire l'acquisition en toute propriété de tout ou partie des immeubles destinés à l'établissement des usines de production et des postes de transformation.

([5]) L'État peut autoriser, par le cahier des charges, le concessionnaire à occuper, dans des conditions déterminées, les parties du domaine public dont il a la disposition.

Les baux ou contrats relatifs à toutes les locations d'immeubles seront communiqués au préfet; ils devront comporter une clause réservant expressément à l'État la faculté de se substituer au concessionnaire en cas de rachat ou de déchéance. Il en sera de même pour tous les contrats de fourniture d'énergie, si le concessionnaire achète le courant.

Nature et mode de production du courant ([1]).

Art. 8. — . . . .
. . . .

Usines génératrices ([2]).

. . . .
. . . .

Sous-stations et postes de transformateurs ([3]).

. . . .
. . . .

Tension du courant.

Art. 9. — La tension du courant au départ des usines, en service normal, ne doit jamais dépasser ..... volts.

Fréquence.

La fréquence du courant distribué en service normal est fixée à ..... périodes par seconde ([4]).

Canalisations.

Art. 10. — Les canalisations souterraines seront placées directement dans le sol; toutefois, elles pourront, sur la demande du concessionnaire, être placées dans des galeries accessibles, et elles devront l'être lorsque les services de voirie l'exigeront. Sauf aux traversées des chaussées, elles seront toujours sous les trottoirs, à moins d'une autorisation spéciale.

A la traversée des chaussées fondées sur béton et des voies de tramways, les dispositions nécessaires seront prises pour que le remplacement des canalisations soit possible sans ouverture de tranchée.

Les canalisations aériennes . . . . ([5]).

([1]) Indiquer la nature et le mode de production du courant distribué.

([2]) Lorsque l'acte de concession prévoit la construction d'usines génératrices faisant partie intégrante de la concession, l'article 8 détermine les conditions d'établissement de ces usines.

([3]) L'article 8 détermine également, s'il y a lieu, les conditions d'établissement de sous-stations et postes de transformateurs.

([4]) Cet alinéa ne s'applique qu'en cas de distribution par courants alternatifs.

([5]) L'État peut interdire les canalisations aériennes; lorsqu'elles sont autorisées, il convient d'indiquer si les canalisations peuvent être aériennes dans toute l'étendue de la concession, ou sinon dans quelles parties elles ne peuvent pas l'être.

L'Etat peut, en autorisant les canalisations aériennes, déterminer les conditions auxquelles sera soumis leur établissement.

CHAPITRE III.

TARIFS ET CONDITIONS DE SERVICE.

Tarif maximum.

Art. 11. — Les prix auxquels le concessionnaire est autorisé à vendre l'énergie électrique aux services définis à l'article 1er ne peuvent dépasser les maxima suivants (1) :

. . . .

Établissements et associations assimilés aux services publics.

Art. 12. — Les établissements publics et les associations agricoles organisés par l'administration, en vertu des lois du 16 septembre 1807, du 14 floréal an XI et du 8 avril 1898, ou autorisés en conformité des lois des 21 juin 1865 et 22 décembre 1888, sont assimilés aux services publics définis à l'article 1er ci-dessus, tant en ce qui concerne les tarifs qu'en ce qui concerne l'obligation imposée au concessionnaire par l'article 13 ci-après de fournir l'énergie demandée et les conditions de la fourniture.

Obligation de consentir des abonnements sur tout le parcours de la distribution.

Art. 13.— Sur tout le parcours défini à l'article 1er ci-dessus, le concessionnaire sera tenu de fournir l'énergie électrique, dans les conditions prévues au présent cahier des charges, à tout service public rentrant dans les catégories énumérées audit article dont l'administration demandera à contracter un abonnement pour une durée d'au moins ..... et pour une puissance d'au moins ..... kilowatts.

Le concessionnaire pourra exiger que le demandeur lui garantisse pendant ..... années une recette brute annuelle de ..... francs par kilowatt demandé.

Le délai dans lequel le concessionnaire devra commencer la fourniture du courant sera déterminé dans le traité d'abonnement en tenant compte du temps nécessaire à l'exécution des travaux indispensables pour assurer le service du nouvel abonné.

En aucun cas, le concessionnaire ne pourra être astreint à dépasser la puissance maximum de ..... kilowatts pour l'énergie fournie aux services publics dont l'alimentation est obligatoire.

Obligation d'étendre le réseau.

Art. 14. — Sont considérés comme situés sur le parcours de la distribution, pour l'application de l'article précédent, tous les services publics qui fonctionnent en totalité ou en partie dans une zone de ..... kilomètres de chaque côté de la ligne principale de transport définie à l'article 1er ci-dessus et qui sont susceptibles d'être desservis au moyen d'un poste principal situé dans cette zone.

Poste de transformation et lignes secondaires.

Art. 15. — Les postes de transformation ainsi que les lignes secondaires et les branchements ayant pour objet d'amener le courant aux abonnés seront installés et entretenus par le concessionnaire et feront partie intégrante de la distribution.

Les frais d'installation des branchements seront remboursés au concessionnaire par les abonnés. En cas de désaccord, leur montant sera fixé à dire d'experts.

Compteurs.

Art. 16. — Les compteurs servant à mesurer les quantités d'énergie livrées aux abonnés par le concessionnaire seront posés, plombés et entretenus par celui-ci.

Chaque abonné aura la faculté de les fournir lui-même ou de demander au concessionnaire de les fournir en location.

Les conditions de location, de pose, plombage et entretien des compteurs, ainsi que l'étendue des écarts dans la limite desquels les compteurs seront considérés comme exacts, seront déterminées par le traité d'abonnement.

Vérification des compteurs.

Art. 17. — Le concessionnaire pourra procéder à la vérification des compteurs aussi souvent qu'il le jugera utile, sans que cette vérification donne lieu à son profit à aucune allocation en sus des frais d'entretien mentionnés à l'article précédent.

L'abonné aura toujours le droit de demander la vérification du compteur, soit par le concessionnaire, soit par un expert désigné d'un commun accord ou, à défaut d'accord, désigné par l'ingénieur en chef du contrôle des distributions d'énergie électrique. Les frais de vérification seront à la charge de l'abonné, si le compteur est reconnu exact ou si le défaut d'exactitude est à son profit ; ils seront à la charge du concessionnaire, si le défaut d'exactitude est au détriment de l'abonné.

Traites d'abonnement.

Art. 18. — Les contrats pour la fourniture de l'énergie électrique seront établis dans la forme de traités d'abonnement qui seront communiqués à l'ingénieur en chef du contrôle des distributions d'énergie électrique.

Le Ministre des Travaux publics, sur le rapport de l'ingénieur en chef et après avis du Comité d'Électricité, aura la faculté de prescrire la suppression de toute clause en contradiction avec le présent cahier des charges ou accordant à un abonné des avantages qui ne seraient pas accordés aux autres abonnés placés dans les mêmes conditions de puissance, d'horaire, d'utilisation, de consommation et de durée d'abonnement.

Surveillance des installations reliées à la distribution.

Art. 19. — Le courant ne sera livré aux abonnés que s'ils se conforment, pour les installations reliées à la distribution, aux conditions qui leur seront imposées par le concessionnaire, avec l'approbation de l'ingénieur en chef du contrôle, en vue soit d'éviter les troubles dans l'exploitation, soit d'empêcher l'usage illicite du courant.

Le concessionnaire sera autorisé, à cet effet, à vérifier, à toute époque, les installations de chaque abonné.

Si l'installation est reconnue défectueuse, le concessionnaire pourra se refuser à continuer la fourniture du courant. En cas de désaccord sur les mesures à prendre en vue de faire disparaître toute cause de danger ou de trouble dans le fonctionnement général de la distribution, il sera statué par l'ingénieur en chef du contrôle, sauf recours au Ministre des Travaux publics, qui décidera après avis du Comité d'Électricité.

(1) Le cahier des charges peut fixer des maxima différents suivant les conditions de puissance, d'horaire, d'utilisation et de consommation ; il peut stipuler notamment des réductions pour les abonnés dépassant ou garantissant un minimum de consommation, pour les abonnés utilisant le courant à des heures ou pendant des saisons déterminées et, d'une manière générale, pour les abonnés acceptant des sujétions spéciales.

Les tarifs et les conditions du service peuvent être différents suivant la distance de l'usine génératrice au point de livraison du courant.

En aucun cas, le concessionnaire n'encourra de responsabilités à raison des défectuosités des installations qui ne seront pas de son fait.

. . . .

Conditions particulières du service.

ART. 20 (1). — . . . .

. . . .

CHAPITRE IV.

DURÉE DE LA CONCESSION, RACHAT ET DÉCHÉANCE.

Durée de la concession.

ART. 21. — La durée de la présente concession est fixée à. . . . . . années (2) ; elle commencera à courir de la date de son approbation définitive (3).

Reprise des installations en fin de concession.

ART. 22. — A l'époque fixée pour l'expiration de la concession, l'État aura, moyennant un préavis de 2 ans, la faculté de se subroger aux droits du concessionnaire et de prendre possession de tous les immeubles et ouvrages de la distribution et de ses dépendances.

Si l'État use de cette faculté, les usines, sous-stations et postes transformateurs, le matériel électrique et mécanique ainsi que les canalisations et branchements faisant partie de la concession lui seront remis gratuitement, et il ne sera attribué d'indemnité au concessionnaire que pour la portion du coût de ces installations qui sera considérée comme n'étant pas amortie. Cette indemnité sera égale aux dépenses dûment justifiées, supportées par le concessionnaire pour l'établissement de ceux des ouvrages ci-dessus énumérés subsistant en fin de concession qui auront été régulièrement exécutés pendant les n dernières années de la concession, sauf déduction pour chaque ouvrage de $\frac{1}{n}$ de sa valeur pour chaque année écoulée depuis son achèvement. L'indemnité sera payée au concessionnaire dans les 6 mois qui suivront l'expiration de la concession.

En ce qui concerne le mobilier et les approvisionnements, l'État se réserve le droit de les reprendre en totalité ou pour telle partie qu'il jugera convenable, mais sans pouvoir y être contraint. La valeur des objets repris sera fixée à l'amiable ou à dire d'experts, et payée au concessionnaire dans les six mois qui suivront leur remise à l'État.

Si l'État ne prend pas possession de la distribution, le concessionnaire sera tenu d'enlever à ses frais et sans indemnité toutes celles de ses installations qui se trouvent sur ou sous les voies publiques; il pourra toutefois abandonner sans indemnité les canalisations souterraines, à condition qu'elles n'apportent aucune gêne aux services publics.

Dans tous les cas, l'État aura la faculté, sans qu'il en résulte un droit à une indemnité pour le concessionnaire, de prendre pendant les six derniers mois de la concession toutes mesures utiles pour assurer la continuité de la distribution de l'énergie en fin de concession, en réduisant au minimum la gêne qui en résultera pour le concessionnaire. Il pourra notamment, si les sous-stations et postes de transformateurs n'appartiennent pas en propre au concessionnaire ou si celui-ci ne produit pas le courant dans des usines faisant partie de la concession, desservir directement les abonnés par des sous-stations ou postes de transformateurs nouveaux, en percevant à son profit le prix de vente de l'énergie, et, d'une manière générale, prendre toutes les mesures nécessaires pour effectuer le passage progressif de la concession ancienne à une concession ou à une entreprise nouvelle.

Rachat de la concession.

ART. 23. — A toute époque, l'État aura le droit de racheter la concession entière, moyennant un préavis de deux ans.

En cas de rachat, le concessionnaire recevra, pour toute indemnité :

1° Pendant chacune des années restant à courir jusqu'à l'expiration de la concession, une annuité égale au produit net moyen des sept années d'exploitation précédant celle où le rachat sera effectué, déduction faite des deux plus mauvaises.

Le produit net de chaque année sera calculé en retranchant des recettes toutes les dépenses, dûment justifiées, faites pour l'exploitation du transport, y compris l'entretien et le renouvellement des ouvrages et du matériel, mais non compris les charges du capital ni l'amortissement des dépenses de premier établissement.

Dans aucun cas le montant de l'annuité ne sera inférieur au produit net de la dernière des sept années prises pour terme de comparaison.

2° Une somme égale aux dépenses dûment justifiées, supportées par le concessionnaire pour l'établissement de ceux des ouvrages de la concession, subsistant au moment du rachat, qui auront été régulièrement exécutés pendant les n années précédant le rachat, sauf déduction pour chaque ouvrage de $\frac{1}{n}$ de sa valeur pour chaque année écoulée depuis son achèvement.

L'État sera également tenu de se substituer au concessionnaire pour l'exécution des contrats de fourniture d'énergie passés conformément aux articles 1er, 12 et 13 du présent cahier des charges, ainsi que des engagements pris par lui, en vue d'assurer la marche normale de l'exploitation et, de reprendre les approvisionnements en magasin ou en cours de transport, ainsi que le mobilier de la distribution; la valeur des objets repris sera fixée à l'amiable ou à dire d'experts et sera payée au concessionnaire dans les six mois qui suivront leur remise à l'État.

Si le rachat a lieu avant l'expiration des vingt premières années de la concession, le concessionnaire pourra demander que l'indemnité, au lieu d'être calculée comme il est dit ci-dessus, soit égale aux dépenses réelles de premier établissement, y compris les frais de constitution de la société dans la limite d'un maximum de... fr. et les insuffisances qui se seraient produites depuis l'origine de la concession, si celle-ci remonte à moins de sept ans, et pendant les sept premières années de sa durée, si elle remonte à plus de sept ans. Ces insuffisances seront calculées pour chaque année en prenant la différence entre la recette brute et les charges énumérées ci-après : 1° frais d'exploitation; 2° intérêt et amortissement des emprunts contractés pour l'établissement de la distribution; 3° intérêt à 5 pour 100 des sommes fournies par le concessionnaire au moyen de ses propres ressources ou de son capital-actions.

(1) L'article 20 indique si l'énergie doit être à la disposition des abonnés en permanence ou si le service peut être normalement suspendu à des heures déterminées, qui peuvent être variables suivant les saisons. Il peut contenir en outre des conditions spéciales, qui seraient stipulées pour la fourniture de l'énergie à certaines catégories d'abonnés.

(2) La durée ne peut être supérieure à 50 ans.

(3) Lorsque la concession a pour objet l'extension d'une concession déjà existante, elle doit prendre fin à la même date que la concession principale et l'article 21 détermine la date d'expiration pour l'ensemble du réseau.

Remise des ouvrages.

Art. 24. — En cas de rachat, ou en cas de reprise à l'expiration de la concession, le concessionnaire sera tenu de remettre à l'État tous les ouvrages et le matériel de la distribution en bon état d'entretien.

L'État pourra retenir, s'il y a lieu, sur les indemnités dues au concessionnaire, les sommes nécessaires pour mettre en bon état toutes les installations.

Lorsque l'État usera de la faculté, à lui réservée, de reprendre les installations en fin de concession, il pourra se faire remettre les revenus de la distribution dans les deux dernières années qui précéderont le terme de la concession et les employer à rétablir en bon état les installations, si le concessionnaire ne se met pas en mesure de satisfaire pleinement et entièrement à cette obligation et si le montant de l'indemnité à prévoir en raison de la reprise de la distribution par l'État, joint au cautionnement, n'est pas jugé suffisant pour couvrir les dépenses des travaux reconnus nécessaires.

Déchéance et mise en régie provisoire.

Art. 25. — Si le concessionnaire n'a pas présenté les projets d'exécution, ou s'il n'a pas achevé et mis en service les lignes de la distribution dans les délais et conditions fixés par le cahier des charges, il encourra la déchéance qui sera prononcée, après mise en demeure, par décret, sauf recours au Conseil d'État par la voie contentieuse.

Si la sécurité publique vient à être compromise, le préfet, après avis de l'ingénieur en chef du contrôle, prendra aux frais et risques du concessionnaire les mesures provisoires nécessaires pour prévenir tout danger. Il soumettra au Ministre des Travaux publics les mesures qu'il aura prises à cet effet. Le Ministre prescrira, s'il y a lieu, les modifications à apporter à ces mesures et adressera au concessionnaire une mise en demeure fixant le délai à lui imparti pour assurer à l'avenir la sécurité de l'exploitation.

Si l'exploitation vient à être interrompue en partie ou en totalité, il y sera également pourvu aux frais et risques du concessionnaire. Le préfet soumettra immédiatement au Ministre des Travaux publics les mesures qu'il compte prendre pour assurer provisoirement le service de la distribution. Le Ministre statuera sur ces propositions et adressera une mise en demeure fixant un délai au concessionnaire pour reprendre le service.

Si, à l'expiration du délai imparti, dans les cas prévus aux deux alinéas qui précèdent, il n'a pas été satisfait à la mise en demeure, la déchéance pourra être prononcée.

La déchéance pourra également être prononcée si le concessionnaire, après mise en demeure, ne reconstitue pas le cautionnement prévu à l'article 31 ci-après, dans le cas où des prélèvements auraient été effectués sur ce cautionnement en conformité des dispositions du cahier des charges.

La déchéance ne serait pas encourue dans le cas où le concessionnaire n'aurait pu remplir ses obligations par suite de circonstances de force majeure dûment constatées.

Procédure en cas de déchéance.

Art. 26. — Dans le cas de déchéance, il sera pourvu tant à la continuation et à l'achèvement des travaux qu'à l'exécution des autres engagements du concessionnaire au moyen d'une adjudication qui sera ouverte sur une mise à prix des projets, des terrains acquis, des ouvrages exécutés, du matériel et des approvisionnements.

Cette mise à prix sera fixée par le Ministre des Travaux publics sur la proposition du préfet, le concessionnaire entendu.

Nul ne sera admis à concourir à l'adjudication s'il n'a, au préalable, été agréé par le Ministre des Travaux publics, et s'il n'a fait, soit à la Caisse des dépôts et consignations, soit à la trésorerie générale du département d.................. ...., un dépôt de garantie égal au montant du cautionnement prévu par le présent cahier des charges.

L'adjudication aura lieu suivant les formes indiquées aux articles 11, 12, 13, 15 et 16 de l'ordonnance royale du 10 mai 1829.

L'adjudicataire sera soumis aux clauses du présent cahier des charges et substitué aux droits et charges du concessionnaire évincé, qui recevra le prix de l'adjudication.

Si l'adjudication ouverte n'amène aucun résultat, une seconde adjudication sera tentée sans mise à prix après un délai de 3 mois. Si cette seconde tentative reste également sans résultat, le concessionnaire sera définitivement déchu de tous droits; les ouvrages et le matériel de la distribution, ainsi que les approvisionnements, deviendront sans indemnité la propriété de l'État.

CHAPITRE V.

CLAUSES DIVERSES.

Redevances.

Art. 27. — Les redevances pour l'occupation du domaine public national ou départemental ne sont pas réglées par le cahier des charges; elles sont fixées conformément aux articles 1 et 2 du décret du 17 octobre 1907.

Il en est de même des redevances pour l'occupation du domaine public communal, à moins que des accords spéciaux ne soient intervenus entre certaines communes et le concessionnaire, conformément à l'article 3 dudit décret.

États statistiques et contrôle des recettes.

Art. 28. — Le concessionnaire sera tenu de remettre chaque année à l'ingénieur en chef du contrôle un compte rendu statistique de son exploitation.

Ce compte rendu sera établi conformément au modèle arrêté par le Ministre des Travaux publics après avis du Comité d'Électricité et pourra être publié en tout ou en partie.

Pour les communes avec lesquelles des accords auront été passés conformément à l'article 27 ci-dessus, le concessionnaire devra, en outre, adresser à l'ingénieur en chef du contrôle, dans le courant du premier trimestre de chaque année, l'état des recettes réalisées pendant l'année précédente.

L'ingénieur en chef aura le droit de contrôler ces états; à cet effet, les agents du contrôle dûment accrédités pourront se faire présenter toutes pièces de comptabilité nécessaires pour leur vérification.

Impôts et droits d'octroi.

Art. 29. — Tous les impôts établis ou à établir par l'État, les départements ou les communes, y compris les impôts relatifs aux immeubles de la distribution, seront à la charge du concessionnaire.

Pénalités.

Art. 30. — Faute par le concessionnaire de remplir les obligations qui lui sont imposées par le présent cahier des charges, des amendes pourront lui être infligées, sans préjudice, s'il y a lieu, de dommages et intérêts envers les tiers intéressés. Les amendes seront prononcées au profit de l'État par le préfet, après avis de l'ingénieur en chef du contrôle. Les amendes seront appliquées dans les conditions suivantes :

En cas d'interruption générale non justifiée du courant, amende de ... par heure d'interruption.

En cas de manquement aux obligations imposées par les articles 6, 9, 13, 14 et 28 du présent cahier des charges et par chaque infraction, amende de ... par jour, jusqu'à ce que l'infraction ait cessé ([1]).

Cautionnement.

ART. 31. — Avant la signature de l'acte de concession, le concessionnaire déposera, soit à la caisse des dépôts et consignations, soit à la trésorerie générale du département d..., une somme de ... en numéraire ou en rente sur l'État, en obligations garanties par l'État ou en bons du Trésor, dans les conditions prévues par les lois et règlements pour les cautionnements en matière de travaux publics.

La somme ainsi versée formera le cautionnement de l'entreprise.

Sur le cautionnement seront prélevés le montant des amendes stipulées à l'article 30, ainsi que les dépenses faites en raison des mesures prises aux frais du concessionnaire pour assurer la sécurité publique ou la reprise de l'exploitation en cas de suspension, conformément aux prescriptions du présent cahier des charges.

Toutes les fois qu'une somme quelconque aura été prélevée sur le cautionnement, le concessionnaire devra le compléter à nouveau dans un délai de 15 jours, à dater de la mise en demeure qui lui sera adressée à cet effet.

La moitié du cautionnement sera restituée au concessionnaire après achèvement de la ligne principale définie à l'article 1er ci-dessus; l'autre moitié lui sera restituée en fin de concession. Toutefois, en cas de déchéance, la partie non restituée du cautionnement restera définitivement acquise à l'État.

Agents du concessionnaire.

ART. 32. — Les agents et gardes que le concessionnaire aura fait assermenter pour la surveillance et la police de la distribution et de ses dépendances seront porteurs d'un signe distinctif et seront munis d'un titre constatant leurs fonctions.

Cession ou modification de la concession.

ART. 33. — Toute cession partielle ou totale de la concession, tout changement de concessionnaire ne pourront avoir lieu, à peine de déchéance, qu'en vertu d'une autorisation donnée par le préfet ou par le Ministre des Travaux publics, suivant les conditions établies par l'article 7, paragraphe 1er, de la loi du 15 juin 1906.

Jugement des contestations.

ART. 34. — Les contestations qui s'élèveraient entre le concessionnaire et l'administration, au sujet de l'exécution et de l'interprétation des clauses du présent cahier des charges, seront jugées par le Conseil de préfecture du département d..., sauf recours au Conseil d'État.

Élection de domicile.

ART. 35. — Le concessionnaire devra faire élection de domicile à...

Dans le cas où il ne l'aurait pas fait, toute notification ou signification à lui adressée sera valable lorsqu'elle sera faite à la préfecture d...

Frais d'enregistrement.

ART. 36. — Les frais de timbre et d'enregistrement du présent cahier des charges et des conventions annexées seront supportés par le concessionnaire.

... (*Journal officiel* du 2 décembre 1909.)

([1]) Les amendes prévues peuvent n'être pas les mêmes pour les infractions aux divers articles mentionnés dans ce paragraphe.

CHRONIQUE FINANCIÈRE ET COMMERCIALE.

Convocations d'Assemblées générales. — *Société d'éclairage et de force par l'Électricité.* Assemblée ordinaire le 16 décembre, à 11h30m, 5, rue Boudreau, Paris.

Société ariégeoise d'Électricité. Assemblée ordinaire le 30 décembre, à 2h, 3, boulevard Carnot, à Toulouse (Haute-Garonne).

Compagnie Lyonnaise d'Électricité. Assemblée ordinaire le 16 décembre, à 3h, Palais de la Bourse, à Lyon (Rhône).

Énergie électrique de l'Aube. Assemblée ordinaire le 20 décembre, à 11h15m, 101, rue Émile-Zola, Paris.

Compagnie d'éclairage de Bordeaux. Assemblée ordinaire le 21 décembre, à 10h30m, 9, rue de Mogador, Paris.

Compagnie générale d'Électricité. Assemblée ordinaire le 18 décembre, à 3h30m, 6, rue Chauchat, Paris.

Société française d'entreprises et d'exploitations électriques. Assemblée ordinaire le 23 décembre, à 5h, 73, boulevard Haussmann, Paris.

Forces hydrauliques du Rhône. Assemblée ordinaire le 23 décembre, à 4h30m, 73, boulevard Haussmann, Paris.

Nouvelles Sociétés. — *Société électrique de Bresles.* Siège social à Bresles (Oise). Capital : 60000fr. Constituée le 17 octobre 1909.

Société centrale pour l'Industrie électrique. Siège social : 3, rue Moncey, Paris. Durée : 90 ans. Capital : 5000000fr.

Société anonyme française des forces du Nant-d'Arbon. Siège social à Combloux (Haute-Savoie). Durée illimitée. Capital : 50000fr.

Société indo-chinoise d'Électricité. — Du rapport présenté par le Conseil d'administration à l'Assemblée générale ordinaire du 12 juin 1909, nous extrayons ce qui suit :

Le bénéfice réalisé sur l'exercice 1908 est en augmentation de 38437fr,05 sur l'exercice 1907.

BILAN AU 30 JUIN 1908.

Actif.

	fr
En caisse	14454,23
Valeurs en banque et en portefeuille	937208,37
Débiteurs divers	141257,25
Immeuble	55662,35
Matériel d'approvisionnement	300308,75
Usines	2476921,92
Mobilier (Paris et Tonkin)	3 »
Total	3925215,87

Passif.

Capital actions	2800000 »
Créditeurs	29223,99
Coupons non réclamés	7123,72
Réserves	585183,60
Profits et pertes	503684,56
Total	3925215,87

COMPTE DE PROFITS ET PERTES.

Débit.

	fr
Frais généraux de Paris	36319,52
Amortissements	15978,66
Répartition des bénéfices	503684,56
Total	555982,74

Crédit.

	fr
Reliquat de l'exercice 1907	412,15
Intérêts de placement	27821,25
Remboursement de dépenses faites pour typhon 1903	30057,60
Reste pour l'exercice	497691,74
Total	555982,74

Avis commerciaux. — RAPPORTS COMMERCIAUX DES AGENTS DIPLOMATIQUES ET CONSULAIRES DE FRANCE [1]. — N° 827. *Roumanie.* — Situation économique de la Roumanie, son commerce avec l'étranger, ses fournisseurs. — Part de Constantza dans les importations et les exportations en 1908.

N° 828. *République Argentine.* — Mouvement maritime et commercial du port de Rosario en 1908.

N° 829. *Égypte.* — Commerce extérieur de l'Égypte en 1908 et pendant les huit premiers mois de 1909.

Cours officiels, à la Bourse de Londres, du cuivre « Standard » et du cuivre électrolytique.

DATES.	CUIVRE « STANDARD ».			CUIVRE ÉLECTROLYTIQUE.		
	£	sh	d	£	sh	d
22 novemb. 1909..	61	»	»	62	10	»
23 » » ..	59	17	6	61	15	»
24 » » ..	58	12	6	61	10	»
25 » » ..	59	5	»	61	15	»
26 » » ..	59	12	6	62	»	»
29 » » ..	58	5	»	61	»	»
30 » » ..	57	15	»	61	5	»
1er décemb. » ..	58	10	»	60	10	»
2 » » ..	58	10	»	60	10	»
3 » » ..	58	7	6	60	10	»
6 » » ..	58	18	9	61	»	»

NOTA. — La Bourse de Londres est fermée le samedi.

INFORMATIONS DIVERSES.

Divers. — UN NOUVEL APPAREIL DE TÉLÉVISION. — Au cours de ces dernières années divers inventeurs sont, comme on sait, parvenus à résoudre le problème de la transmission à distance des photographies. Mais jusqu'ici le problème de la télévision n'est guère plus avancé qu'il ne l'était il y a une trentaine d'années.

D'après la *Revue générale des Sciences*, M. Ernst Ruhmer, de Berlin, vient de construire un appareil de démonstration qui, quoique ne permettant que la vision à distance de dessins assez simples, composés de diverses combinaisons de carrés, est considéré par l'inventeur comme devant prouver la possibilité de la télévision d'objets quelconques, si l'on consent à mettre dans la construction de l'appareil le prix nécessaire.

Le principe de cet appareil est toujours la variation de la résistance électrique du sélénium sous l'influence de la lumière. Un projecteur produit, sur un écran suspendu au mur, l'image du dessin voulu. Cet écran se compose de 25 sections, derrière chacune desquelles se trouve une pile à sélénium très sensible, dont l'inertie a été absolument éliminée par un nouveau procédé; aussi cette pile répond-elle instantanément à toute variation d'éclairage qui la frappe. A la station d'arrivée se trouve un écran analogue, comportant le même nombre de sections, dont chacune communique avec la section correspondante de l'écran de transmission Les détails du procédé utilisé pour transmettre les impressions visuelles sont gardés secrets; le principe consiste, cependant, à utiliser un galvanomètre à miroir très sensible pour convertir toute fluctuation de courant due aux variations d'éclairage de l'écran de transmission en variations lumineuses correspondantes. A côté de l'écran de réception se trouve la batterie d'accumulateurs qui fournit le courant aux circuits.

Aussitôt qu'un patron perforé constituant le dessin voulu a été inséré dans le projecteur et que ce dernier produit son image sur l'écran de transmission, cette image devient visible à l'autre bout du fil télégraphique sur l'écran de réception. L'inertie des piles à sélénium a été compensée à un degré si considérable, que l'image télégraphique répond presque instantanément à tout mouvement de l'objet. Tandis que, dans les appareils phototélégraphiques jusqu'ici construits, une reproduction prenait, en général, un quart d'heure à une demi-heure, mais, en tout cas, un nombre considérable de minutes, le nouveau dispositif l'effectue en une fraction de seconde, de façon que plusieurs phases d'un mouvement donné soient rendues en une seconde.

Cet appareil vient, paraît-il, d'être envoyé à Bruxelles pour être présenté aux membres du Comité de l'Exposition universelle qui aura lieu l'an prochain dans cette ville. Ce Comité se propose en effet de faire construire par M. Ruhmer un appareil tout à fait complet, ne comprenant pas moins de 10000 cellules de sélénium et dont le prix s'élèvera à 6 millions, qui est destiné à être le « clou » de la prochaine Exposition.

Ajoutons à ce propos qu'un téléphote basé toujours sur le principe des cellules de sélénium a été essayé récemment avec un certain succès à la Rochelle, par M. Rignoux et par M. Fournier, directeur du Laboratoire municipal de La Rochelle.

UNE SEMAINE ÉLECTRIQUE PENDANT L'EXPOSITION DE BRUXELLES. — La Société belge d'Électriciens se propose d'organiser, pendant la durée de l'Exposition, une « semaine électrique » qui serait consacrée à la visite des grandes centrales d'électricité; quatre jours seraient consacrés à ces visites, deux seraient réservés pour la visite de l'Exposition. Une réception officielle inaugurerait cette semaine; un banquet la clôturerait.

[1] Ces documents sont tenus à la disposition des adhérents qui désireraient en prendre connaissance au Secrétariat général du Syndicat des Industries électriques, 11, rue Saint-Lazare.

Paris. — Imprimerie GAUTHIER-VILLARS, quai des Grands-Augustins, 55.

43751 — *Le Gérant :* GAUTHIER-VILLARS.

6e Année. — TOME XII. N° 144 — 30 DÉCEMBRE 1909.

LA REVUE ÉLECTRIQUE

ORGANE

DE L'UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ

Publiée sous la direction de J. BLONDIN, Agrégé de l'Université, Rédacteur en chef,

Revue paraissant deux fois par mois.

Abonnement. Paris : 25 fr. — Départements : 27 fr. 50. — Union postale : 30 fr. — **Le Numéro** : 1 fr. 50.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,

Quai des Grands-Augustins, 55.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J. Blondin, 171, Faubourg Poissonnière, Paris (9e).

Tome XII. **N° 144. — 30 décembre 1909.**

LA REVUE ÉLECTRIQUE

CHRONIQUE.

L'absence de réglementation concernant les dimensions des culots des lampes à incandescence et celles des douilles de support de ces lampes donnait lieu à de graves inconvénients. Bien que les constructeurs aient cherché à fabriquer des culots pouvant se fixer sur une douille quelconque, et inversement des douilles pouvant recevoir une lampe de n'importe quelle fabrication, il arrive encore fort souvent que ces conditions ne sont pas remplies.

C'est pour remédier à ces inconvénients que l'Union des Syndicats de l'Électricité, jugeant nécessaire l'**unification des culots et des douilles**, demanda au Syndicat des Usines électriques et au Syndicat des Industries électriques d'examiner cette question et de chercher à établir une entente.

L'étude se poursuivit de part et d'autre, et, vers la fin de 1908, les deux Syndicats s'étant mis d'accord sur les dimensions à adopter pour les culots et les douilles, l'unification fut sanctionnée par l'Union des Syndicats, en décembre de la même année. Cette unification portait sur les montures à baïonnette pour lampes courantes et lampes flammes, et sur les montures à vis pour lampes courantes, lampes flammes et lampes mignonnettes. Un délai d'une année, expirant le 31 décembre 1909, était accordé aux constructeurs pour réaliser cette unification.

Mais il ne suffisait pas de réglementer la construction des culots et des douilles, il fallait encore trouver les moyens pratiques de s'assurer rapidement que la réglementation était observée. Dans ce but, l'Union des Syndicats demanda à M. ZETTER, directeur de l'Appareillage électrique Grivolas, de bien vouloir examiner la possibilité de la création de **calibres pour la vérification des dimensions des culots et douilles**.

Les lampes à vis étant très peu employées en France M. Zetter crut devoir borner son étude aux culots et douilles à baïonnette. Ce sont les résultats de cette étude minutieuse que M. Zetter expose dans le rapport qui est reproduit pages 444 à 449. Comme on le verra, 10 calibres imaginés par M. Zetter permettent de vérifier très rapidement et très exactement les culots et douilles à baïonnette. Les dimensions qu'il s'agit de vérifier et la manière de les vérifier sont indiquées dans ce rapport.

*
* *

A la suite du rapport de M. Zetter se trouvent publiées, p. 449 à 454, les **instructions générales pour la fourniture et la réception des machines et transformateurs électriques**, adoptées par l'Union des Syndicats dans sa dernière séance.

La plupart de ces instructions envisagent prin-

cipalement à l'échauffement admissible dans les machines. Ce sujet a été récemment traité par M. Brunswick dans une importnate communication à la Société internationale des Électriciens [1] et il sera prochainement l'objet d'un article dans nos colonnes où cet ingénieur se propose de commenter ces instructions. Nous n'insisterons donc pas aujourd'hui sur leur importance.

* * *

Il y a quelques années, le Syndicat professionnel des Industries électriques publiait un **cahier des charges relatif aux câbles armés**. Élaboré par les constructeurs, en dehors de leurs clients, ce cahier des charges manquait un peu d'autorité et sa publication n'avait pas empêché, comme c'était son but, l'établissement de nombreux cahiers des charges particuliers contenant parfois des prescriptions surannées ou contradictoires. Le nouveau cahier des charges adopté par l'Union des Syndicats de l'Électricité, dans sa séance du 8 décembre, et qui est reproduit pages 454 à 456, a été élaboré en commun par les constructeurs de câbles et par les exploitants de réseaux.

Les densités de courant admises par ce cahier des charges sont, conformément à la pratique courante en France, un peu plus faibles que celles admises en Allemagne.

Les essais de rigidité doivent être faits, à l'usine sous tension triple, et après pose sous tension double de la tension normale; ces tensions d'essais pourront d'ailleurs être réduites respectivement à deux fois et une fois et demie la tension de service.

Au point de vue de la résistance d'isolement kilométrique, le règlement est très large : les valeurs minima imposées sont relativement peu élevées et le coefficient de correction relatif à l'effet de la température n'est pas prescrit.

Les garanties sont nettement spécifiées sous le rapport de la durée (1 an de service ou 14 mois après la livraison), sous le rapport des cas de responsabilité du constructeur (défaut de matière ou de fabrication, ou encore de pose si le constructeur a été chargé de la pose) et enfin sous le rapport des pénalités (mise en état ou remplacement de la partie défectueuse, sans dommages-intérêts).

* * *

Tout récemment plusieurs lecteurs nous demandaient, les moteurs primaires étant aujourd'hui à l'ordre du jour des préoccupations de l'ingénieur électricien, de donner dans la *Revue* une analyse des principaux travaux publiés dans les journaux techniques pendant ces dernières années et non encore relatés dans les ouvrages classiques même les plus récents. Pour répondre à ce désir, nous avons, aidé d'un spécialiste, fait un choix parmi les nombreux travaux de ce genre. On trouvera pages 465 à 473 trois analyses de mémoires relatifs aux **moteurs à combustion interne** et dus à MM. Schreber, Letombe, Jouguet. Nous eussions préféré retarder un peu la publication de ces analyses pour y joindre plusieurs autres et faire précéder le tout d'une étude critique. Mais notre éditeur, toujours soucieux d'améliorer la partie matérielle de la *Revue*, ayant décidé de n'employer, à partir du prochain numéro, que des caractères neufs, force nous a été de publier aujourd'hui les analyses déjà composées.

* * *

L'étude du mouvement d'un train peut se faire ou analytiquement ou graphiquement. Cette dernière méthode est fort utilisée aux États-Unis où elle a été vulgarisée par M. Mailloux, qui d'ailleurs l'a également développée en France dans une série de conférences faites à Paris il y a un an environ.

Dans un article publié il y a quelques mois, M. René Martin exposait les principes de cette méthode; dans celui qui est publié aujourd'hui, p. 475 à 483, il montre, d'abord dans le cas général, puis en prenant un exemple particulier, comment doivent être construites les courbes servant à la résolution des problèmes qui se posent à l'ingénieur.

* * *

L'analyse donnée pages 484 à 488 de l'article de M. O. Kausch sur les **nouveautés dans la production électrique de l'ozone** nous fait connaître les divers modèles d'ozoneurs brevetés récemment en Allemagne, Angleterre, États-Unis et France. L'article suivant nous montre comment les Ateliers Felten et Guilleaume-Lahmeyer ont réalisé un **ozoneur domestique pour la stérilisation de l'eau**. Cette stérilisation de l'eau, qu'elle ait lieu à domicile ou soit effectuée dans des usines spéciales, est pour les exploitants de réseaux de distribution une application intéressante qui leur permettra, si elle se développe, d'utiliser leurs excédents de courant de jour.

* * *

Nombreux sont les procédés préconisés pour la **mesure du glissement**. M. Steels, ayant eu l'occasion de les rassembler, en vue du cours qu'il professe à l'Université de Gand, a écrit à ce propos un article d'ensemble qu'on trouvera pages 490 à 499.

J. B.

[1] Brunswick, *Températures admissibles dans les machines dynamos. Procédés de détermination, d'après les travaux de la première Commission* (*Bulletin de la Société internationale des Électriciens*, 2e série, t. IX, novembre 1909, p. 585-646).

UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ.

Siège social : boulevard Haussmann, 63, Paris. — Téléph. : 276-35.

Syndicats adhérents à l'Union : Syndicat des forces hydrauliques, de l'électrométallurgie, de l'électrochimie et des industries qui s'y rattachent; Syndicat professionnel des industries électriques; Syndicat professionnel des industries électriques du nord de la France; Syndicat professionnel de l'industrie du gaz (Usines électriques du); Syndicat professionnel des usines d'électricité.

UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ.

Vingt-quatrième Bulletin bimensuel de 1909.

Sommaire : Extrait du Procès-verbal du Comité de l'Union des Syndicats de l'Électricité du 10 novembre 1909, p. 443. — Communication sur les calibres pour la vérification des dimensions des douilles de support et des culots de lampes à incandescence, p. 444. — Instructions générales pour la fourniture et la réception des machines et transformateurs électriques, p. 449. — Cahier des charges relatif aux câbles sous plomb armés et à leurs accessoires destinés à supporter des tensions supérieures à 2000 volts, p. 454. — Loi sur les salaires des ouvriers et employés, p. 503. — Arrêté de M. le Ministre des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes, du 1er septembre 1909, relatif à l'élagage des arbres, p. 503.

Extrait du procès-verbal de la séance du Comité de l'Union des Syndicats de l'Électricité du 10 novembre 1909.

Présents : MM. Brylinski, Cordier, Coze, Zetter, vice-présidents; Fontaine, secrétaire; de la Fontaine-Solare et Vautier, secrétaires adjoints; Beauvois-Devaux, trésorier; Eschwège, Godinet, Sartiaux, Sciama.

Absents excusés : MM. Guillain, président; Boutan, Cotté, Henneton, Pinot, Sée.

La séance est présidée par M. Brylinski, l'un des vice-présidents.

Il est rendu compte de la situation de caisse. Les disponibilités sont de 4726fr,05.

Correspondance. — L'Union a été sollicitée pour prendre part à l'Exposition universelle internationale de Bruxelles, en 1910, dans la Section française, groupe XVI, Économie sociale, classe 102 B, Syndicats professionnels.

Cette communication concernant les Syndicats adhérents sera notée pour leur être transmise.

Tarif d'étalonnage et d'essais. — M. le Président appelle l'attention des membres sur le *Bulletin* d'octobre 1909 du Syndicat Professionnel des Industries Électriques du Nord de la France, dans lequel se trouve un intéressant tarif d'étalonnage et d'essais aussi bien des divers appareils instruments de mesure, compteurs, que des dynamos, alternateurs, moteurs, lampes, etc.

Circulaire de M. le Ministre des Travaux publics du 17 mars 1909, relative a l'emprunt des voies ferrées par les distributions d'énergie électrique. — M. E. Sartiaux fait observer que les Compagnies de chemins de fer ont fait valoir qu'elles désiraient profiter largement des transports d'énergie et que, par suite, un nouveau *modus vivendi* est intervenu. Pour donner des informations plus précises à cet égard, M. E. Sartiaux communiquera une Note qui sera insérée dans *La Revue électrique*.

Règlement sur les installations intérieures. — La Commission chargée par l'Union de poursuivre la préparation du règlement sur les installations intérieures s'est réunie les 15, 23 et 30 octobre. Le travail est très avancé.

Cahier des charges pour cables a haute tension. — En ce qui concerne le cahier des charges des câbles à haute tension, à la suite de l'adoption par le Syndicat des Usines d'Electricité de la modification proposée par H. Grosselin, au nom de la Section du Syndicat Professionnel des Industries électriques, une rédaction commune va être soumise à ce Syndicat, et, en cas d'adoption, sera transmise au Comité de l'Union.

Publicité et format des règlements adoptés par l'Union. — Le Comité a exprimé le désir que les règlements adoptés par l'Union et les Syndicats affiliés soient reproduits en petit format. Il en sera ainsi notamment de la réglementation sur les douilles et culots de lampes, qui deviendra applicable en 1910.

Règlement sur les culots et douilles de lampes. — Le Comité de l'Union a prié M. Zetter de vouloir bien rédiger une Notice relativement aux calibres destinés à faciliter la mise en pratique de cette réglementation et à leur emploi.

Instructions pour la réception des machines et transformateurs électriques. — La Commission Intersyndicale chargée de ce travail se réunira prochainement. Les diverses rédactions divergentes seront contradictoirement examinées en vue d'une solution commune si possible.

Rapport et règlements adoptés en séance du 8 décembre 1909.

Le rapport et les règlements ci-après, après avoir été étudiés en Sections et en Commissions, et adoptés par les Syndicats intéressés, ont été ensuite ratifiés en séance plénière du Comité de l'Union.

Calibres pour la vérification des dimensions des douilles de supports et des culots de lampes à incandescence.

A la suite de la décision prise par le Comité de l'Union pour l'unification des culots et supports de lampes à incandescence, M. Zetter, président du Syndicat Professionnel des Industries électriques, a bien voulu étudier très minutieusement la question des calibres destinés à permettre de contrôler l'emploi précis des mesures dont l'application a été prescrite par l'Union. Il a développé les méthodes de contrôle et l'emploi des appareils, qui sont résultés de ses études personnelles très minutieuses, dans une Communication faite au Comité de l'Union des Syndicats de l'Électricité, dans sa séance du 8 décembre 1909. Nous reproduisons intégralement cette très intéressante et remarquable communication.

I. Calibres pour la vérification des dimensions des culots de lampes a incandescence.

Ces calibres sont représentés par les figures 1 à 5 ci-dessous.

Les dimensions qu'il s'agit de vérifier au moyen de ces calibres sont indiquées dans le Tableau de la page 445.

Le Tableau de la page 446 résume la façon d'opérer pour effectuer cette vérification.

Voici en outre quelques indications plus détaillées sur cette manière d'opérer.

a_1. Angle entre l'axe des plaques de contact et celui des ergots (*Calibre* I). — Ce calibre est formé d'une bague munie de talons évidés, destinés à laisser passer les ergots des culots. Une tige en acier formant diamètre est fixée à 90° de deux encoches e_1.

En montant le calibre sur un culot de lampe, de façon que les ergots soient engagés dans les encoches e_1, la tige d'acier doit passer dans l'axe des plaques de contact du culot.

Si cette condition est bien remplie, ces dernières forment avec l'axe des ergots l'angle 90° demandé.

A. Distance entre les parties extérieures des plaques de contact (*Calibre* I). — Le calibre désigné précédemment est disposé également pour cette seconde vérification en mettant les ergots du culot de lampe dans les encoches e_2. Les plaques A_1 et A_2 du calibre ayant comme écartement la distance minimum

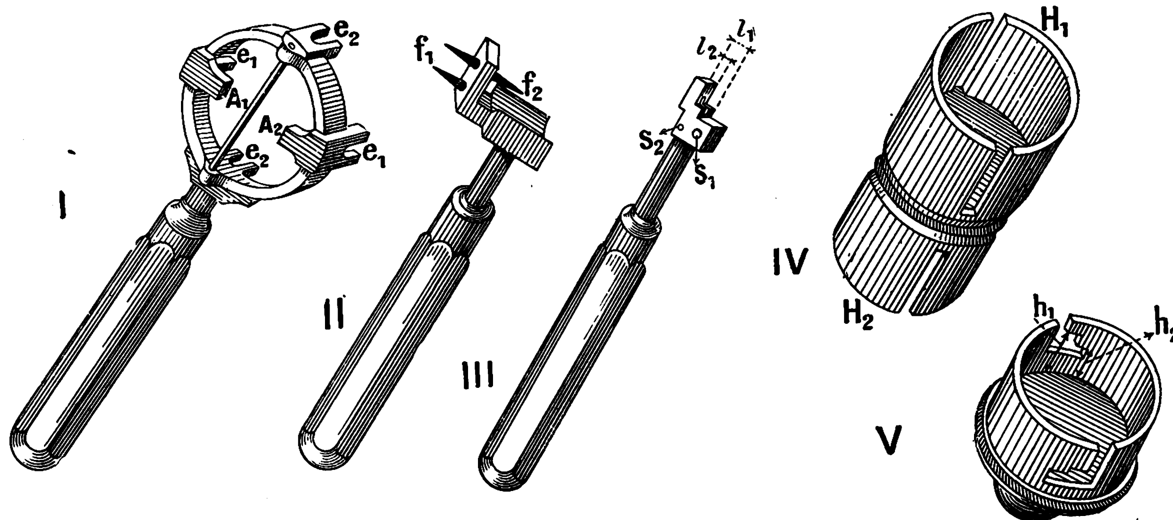


Fig. 1 à 5. — Calibres pour la vérification des dimensions des culots de lampes à incandescence.

fixée doivent être tangentes ou recouvrir les plaques de contact.

a. Écartement des plaques de contact et distance a la garniture métallique, ou, lorsque celle-ci n'existe pas, a la partie cylindrique du culot (*Calibre* II). — La vérification de l'écartement des pièces de contact est obtenue à l'aide du calibre II, dont le côté f_1, muni de deux pointes ayant comme écartement d'axe en axe la distance minima a, permet de constater :

1° Si l'écartement des plaques de contact est plus grand ou au moins égal à la valeur de a, les pointes du calibre devant rester en retrait ou affleurer les plaques de contact;

2° Pour les culots à garniture métallique : si la distance entre les plaques de contact et le rebord intérieur de cette garniture est plus grande ou au moins égale à la valeur de a, les pointes devant rester en retrait ou affleurer les plaques de contact et le rebord intérieur de la garniture métallique du culot.

Cette dernière vérification n'est qu'approximative, car la garniture métallique du culot et les lames de contact ne sont généralement pas situées dans le même plan.

Le côté f_2 du calibre, formé d'une partie concave et d'une pointe, est destiné à mesurer la distance des plaques de contact au bord du culot quand ce dernier ne possède pas de garniture métallique. La partie concave doit alors être appliquée contre le culot et la pointe affleurer ou rester en retrait des plaques de contact.

s. Diamètre des ergots (*Calibre* III). — Ce calibre est formé d'une pièce métallique percée de deux trous, dont l'un, s_1, a le diamètre maximum, et l'autre, s_2, le diamètre minimum indiqués dans l'unification.

Tout culot remplissant la condition demandée doit avoir des ergots entrant dans le plus grand trou du calibre et n'entrant pas dans le plus petit.

l. Longueur des ergots (*Calibre* III). — Le calibre III est également disposé pour permettre la vérification de la longueur des ergots.

A cet effet, l'une des faces est cintrée au diamètre des culots et percée perpendiculairement d'un trou destiné à recevoir l'ergot que l'on veut vérifier. Les longueurs l_1 et l_2 de ce calibre correspondent aux longueurs maximum et minimum fixées pour les ergots.

Par suite, ces derniers doivent affleurer l_1 ou l_2, ou rester entre ces deux limites.

H. Hauteur cylindrique du culot, mesurée a partir des surfaces de contact (*Calibre* IV). — Calibre double dont la profondeur de chaque côté correspond à la hauteur minimum indiquée pour le culot.

La partie H_1 ayant le diamètre maximum doit pouvoir laisser entrer tous les culots de lampes dont les ergots s'engagent dans les rainures ménagées à cet effet.

Tout culot a la distance minimum réglementaire si les surfaces de contact touchent le fond du calibre.

h. Distance entre le bord extérieur de l'ergot et les surfaces de contact (*Calibre* V). — Ce calibre, disposé pour recevoir un culot de lampe, possède deux encoches en forme de gradins, dont le premier est éloigné du fond de la distance maximum et le second de la distance minimum fixées.

Le culot à vérifier étant complètement engagé dans le calibre, les ergots doivent pouvoir se placer dans le premier cran des encoches et ne pas entrer dans le second.

Dans ces conditions, la distance entre le bord extérieur des ergots et les surfaces de contact est comprise entre les limites maximum et minimum.

TABLEAU DES DIMENSIONS ADOPTÉES POUR L'UNIFICATION DES CULOTS DE LAMPES.

Repères.	Culots de lampes.	Lampes courantes.		Lampes flamme.	
		Minimum.	Maximum.	Minimum.	Maximum.
a_1	Angle entre l'axe des plaques de contact et celui des ergots	90° env.	90° env.	90° env.	90° env.
A	Distance entre les parties extérieures des plaques de contact	14		11	
a	Ecartement des plaques de contact et distance à la garniture métallique ou, lorsque celle-ci n'existe pas, à la partie cylindrique du culot. (Aucune forme spéciale n'est prescrite pour les plaques de contact.)	3		2	
s	Diamètre des ergots	1,5	2	1,5	1,8
l	Longueur des ergots	2,5	3	2,5	2,8
H	Hauteur cylindrique du culot, mesuré à partir des surfaces de contact	14		12	
h	Distance entre le bord extérieur de l'ergot et les surfaces de contact	6	7	5,5	6,5
d	Diamètre extérieur du culot	21	22	15	15,3

d. Diamètre extérieur du culot (*Calibre* IV). — Le calibre double IV déjà décrit est formé de deux tubes dont l'un H_1 a comme diamètre intérieur la dimension admise comme diamètre maximum des culots de lampes, tandis que l'autre côté H_2 a comme diamètre intérieur la dimension admise comme diamètre minimum des culots de lampes.

La vérification se fait en essayant chaque calibre sur les culots. Ces derniers sont conformes aux dimensions données s'ils peuvent entrer dans le côté maximum et ne pas s'engager dans le côté minimum.

II. Calibres pour la vérification des dimensions des douilles de supports de lampes a incandescence.

Ces calibres sont représentés par les figures 6 à 10 de la page 448.

Les dimensions qu'il s'agit de vérifier au moyen de ces calibres sont indiquées dans le Tableau de la page 449.

Le Tableau de la page 447 résume la façon d'opérer pour effectuer cette vérification.

Voici, en outre, quelques indications plus détaillées sur cette manière d'opérer.

CALIBRES POUR LA VÉRIFICATION DES DIMENSIONS DES CULOTS DE LAMPES.

Calibres.	Numéros des calibres.	Repères vérifiés.	Désignation des repères.	Vérification.		Dimensions maximum et minimum.		
							Lampes	
							courantes.	flamme.
	I	a_1	Angle entre l'axe des plaques de cont. et celui des erg.	Ergots du culot engagés à fond dans les encoches e_1 du calibre.	Tige formant diamètre à 90° des encoches, devant se placer dans l'axe des plaques de contact.		90°	90°
	I	A	Dist. entre les parties extér. des pl. de cont.	Ergots du culot engagés dans les encoches e_2 du calibre.	Ecartement des calibres A_1 et A_2 devant recouvrir ou affleurer les plaques de contact.	dist. minim.	14	11
	II	a	Ecart. des plaques de cont. et dist. à la garniture métall. ou lorsque celle-ci n'existe pas, à la partie cylindr. du culot.	Côté f_1 du calibre muni de deux pointes dont les axes représentent la distance minimum. Côté f_2 du calibre présentant une partie concave correspondant au diamètre extérieur des culots et munie d'une pointe écartée de cette dernière de la distance minimum.	Ecartement des plaques de contact. Les pointes côté f_1 du calibre affleurant ou restant en retrait des plaques de contact. Culots munis de garniture métallique. Pointes côté f_1 du calibre affleurant ou restant en retrait des plaques de contact et du rebord intérieur de la garniture métallique. Culots sans garniture métallique. Calibre côté f_2, partie concave appliquée contre le culot, la pointe affleurant ou restant en retrait des plaques de contact.	dist. minim. a	3	2
	III	S	Diam. des ergots.	Calibre à 2 trous.	Ergots rentrant dans le trou maximum S_1 et ne rentrant pas dans le trou minimum S_2.	max. min.	2 1,5	1,8 1,5
	III	l	Long. des ergots.	Ergots engagés à fond dans le calibre.	Distance l_1 maximum, distance l_2 minimum. Les ergots devant affleurer l_1 ou l_2 ou rester entre ces deux limites.	long. max. long. min.	3 2,5	2,8 2,5
	IV	H	Hauteur cylindr. du culot mesurée à partir des surf. de cont.	Calibre coté H_1.	Culot devant pouvoir entrer à fond dans le calibre.	min.	14	12
	V	h	Dist. entre le bord extér. de l'erg. et les surfaces de cont.	Culot placé à fond dans le calibre et ergots engagés dans les encoches.	Les ergots devant pouvoir s'engager dans le premier cran de l'encoche et ne pas entrer dans le deuxième.	dist. max. h_1 min. h_2	7 6	6,5 5,5
	IV	d	Diam. extér. du culot.	Calibre double maximum et minimum.	Culot devant entrer dans la bague maximum H_1 et ne pas entrer dans la bague minimum H_2.	diam. max. diam. min.	22 21	15,3 15

CALIBRES POUR LA VÉRIFICATION DES DIMENSIONS DES DOUILLES DE SUPPORT.

CALIBRES.	NUMÉROS des calibres.	REPÈRES VÉRIFIÉS.	DÉSIGNATION des repères.	VÉRIFICATIONS.		DIMENSIONS maximum et minimum.	Lampes courantes.	Lampes flamme.
	VI	D	Diam. intér. de la douille.	Calibre à double cylindre.	Cylindre maximum D_1 ne devant pas entrer dans la douille. Cylindre minimum D_2 devant entrer dans la douille.	diam. diam.	22,50 22,25	15,75 15,50
	VII	*r*	Dist. entre le bord de l'encoche et celui de la douille.	Calibre placé dans les rainures de la douille.	Bord de la branche maximum r_1 devant affleurer ou recouvrir l'encoche, branche minimum r_2 devant affleurer ou rester en dessous du rebord de l'encoche.	haut. haut.	5 4	3 2
	VIII	Z	Profondeur de l'encoche.	Branches Z_1 et Z_2 engagées à fond dans les encoches comme un culot de lampe à incandescence.	Branche maximum Z_1 devant affleurer ou dépasser le rebord de l'encoche, branche minimum Z_2 devant affleurer ou rester en retrait du rebord de l'encoche.	épais. épais.	1,5 1	1 0,7
	VII	*b*	Largeur de la rainure.	Calibre placé dans les rainures de la douille.	Tenons *b* ayant la largeur minimum et devant pouvoir entrer dans les encoches.	larg.	2,5	2,2
	IX	*t*	Dist. entre les pistons détendus et le bord de l'encoche.	Calibre monté sur la douille comme un culot de lampe et maintenu par deux vis de pression, le plateau descendu au contact des pistons non comprimés.	Repère t_1 restant au-dessus ou affleurant le bord extérieur du calibre.	dist. max.	5	4,5
	IX	T	Même distance pistons comprimés.	Calibre monté sur la douille comme un culot de lampe et maintenu par deux vis de pression, le plateau descendu au contact des pistons comprimés.	Repère t_2 restant en dessous ou affleurant le bord extérieur du calibre.	dist. minim.	8,5	7,7
	X	M	Dist. d'axe en axe des pistons.	Calibre monté sur la douille et réglé de façon que la partie concave du doigt fixe touche l'un des pistons. Avancer le doigt mobile jusqu'au contact de l'autre piston.	Repère m_1 affleurant le côté fixe m_3 du manchon guide de la tige ou pénétrant dans celui-ci. Repère m_2 ne pénétrant pas dans le manchon guide ou affleurant le côté fixe m_3 de celui-ci. Le repère m_3 correspondant à l'écartement des pistons de la douille par rapport aux repères m_1 et m_2 doit toujours être placé entre ces deux derniers.	dist. max. dist. minim.	13 12	9 8
	XI	*k*	Diam. des contacts.	Calibre à 2 trous.	Pistons rentrant dans le trou maximum k_1 et ne rentrant pas dans le trou minimum k_2.	diam. diam.	5 2,5	4 2
	XII	B	Angle entre la rainure d'introd. et l'axe de l'encoche.	Deux tiges b_1 et b_2 montées à 45° sur un même axe, tige inférieure engagée à fond dans les encoches.	Axe de la rainure devant se trouver à l'intérieur de l'angle formé par les deux tiges ou au maximum dans l'axe de la tige supérieure.	angle max.	45°	45°
	VIII	a_2	Angle entre la dir. des pistons et celle des encoches.	Branches z_1 et z_2 engagées à fond dans les encoches.	Branches z_3 tangentes aux deux pistons.	angle	90°	90°

D. Diamètre intérieur de la douille (*Calibre* VI). — Le calibre de vérification est formé de deux cylindres accouplés, dont l'un a pour diamètre la dimension maximum D_1 et l'autre la dimension minimum D_2

Toute douille ayant un diamètre intérieur variant de D_1 à D_2 peut se monter sur le cylindre minimum et ne s'engage pas sur le cylindre maximum.

r. Distance entre le bord de l'encoche et celui de la douille (*Calibre* VII). — Pour vérifier cette distance, on utilise un calibre ayant la forme d'un U assez large, dont l'une des branches r_1 a la longueur maximum et l'autre r_2 la longueur minimum correspondant à la distance désignée.

Deux tenons permettent d'engager ce calibre dans les encoches de la douille et, selon la position des branches du calibre par rapport aux encoches, on peut déterminer si ces dernières sont comprises dans la limite fixée.

Les deux branches du calibre doivent : la plus grande dépasser et la plus petite rester en dessous ou tout au moins être tangente l'une ou l'autre à la partie inférieure de l'encoche.

z. Profondeur de l'encoche (*Calibre* VIII). — Cette vérification s'obtient à l'aide du calibre formé de deux tiges d'acier se croisant sous des angles de 90°. La plus longue de ces tiges a été diminuée à chacune de ses extrémités de façon à avoir une épaisseur z_1 maximum d'un côté, et une épaisseur z_2 minimum de l'autre côté.

En engageant cette tige dans la douille de la même façon que l'on y monterait un culot de lampe à incandescence, et en la ramenant à fond dans la profondeur des encoches, on peut juger de combien ces dernières sont en retrait des rebords.

Ces rebords des encoches ne doivent ni être en saillie sur la tige la plus épaisse, ni être en retrait sur la plus mince.

b. Largeur de la rainure (*Calibre* VII). — Le calibre VII décrit précédemment peut aussi être utilisé pour cette vérification. Les deux tenons qui en permettent le montage sur la douille ont exactement pour épaisseur la largeur minimum donnée pour l'unification. Par suite, si les tenons du calibre peuvent s'engager dans les encoches de la douille, cette dernière remplit la condition imposée.

t. Distance entre les pistons détendus et le bord de l'encoche (*Calibre* IX). — On utilise un calibre formé d'un bâti évidé portant à l'intérieur deux ergots destinés à être placés dans les encoches de la douille et amenés à fond comme un culot de lampe à incandescence.

Deux vis à tête moletée placées au-dessous des ergots permettent de fixer le calibre à la douille en maintenant les ergots au fond des encoches.

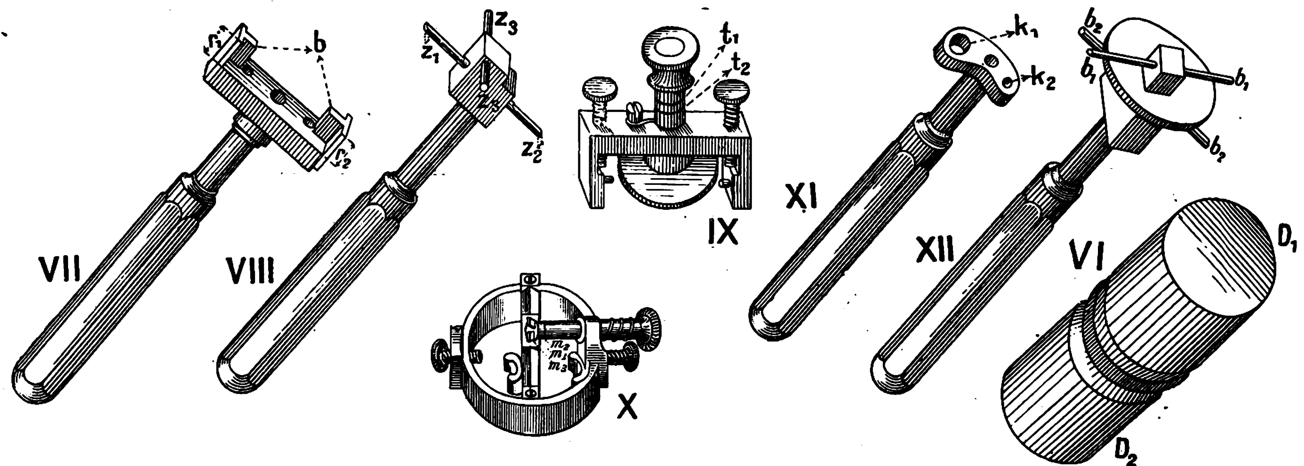


Fig. 6 à 12 — Calibres pour la vérification des douilles de supports.

Un plateau monté sur tige à ressort est disposé au centre du bâti de façon que sa face extérieure soit exactement dans le même plan tangent intérieurement au diamètre des ergots.

Le plateau se trouve ainsi placé au niveau du bord des encoches et, en le descendant à l'intérieur de la douille, on repère sur la tige la distance parcourue depuis le bord de l'encoche.

Un premier trait de repère t_1 placé sur cette tige indique la distance maximum dont le plateau doit être descendu pour être au contact des pistons non comprimés.

Toute douille peut être considérée comme remplissant la condition demandée si le plateau est mis au contact des pistons avant que le repère t_1 de la ligne ne vienne affleurer le rebord extérieur du calibre.

T. Distance entre les pistons comprimés et le bord de l'encoche (*Calibre* IX). — Le calibre précédent étant placé comme il vient d'être expliqué pour la vérification des pistons non comprimés, on peut faire descendre le plateau à fond, les pistons étant comprimés, en opérant une pression plus forte sur le bouton moleté de la tige. Dans cette nouvelle vérification, le second trait de repère t_2 indiqué sur la tige et correspondant à la distance minimum doit disparaître ou tout au moins venir se placer au niveau du rebord extérieur du calibre.

Si cette condition est remplie, la douille peut être

considérée comme remplissant les conditions demandées.

M. Distance d'axe en axe des pistons (*Calibre* X). — La mesure de la distance d'axe en axe des pistons peut être remplacée plus facilement par la mesure de la distance de génératrices parallèles situées sur un même plan passant par l'axe des pistons.

Le calibre employé pour cette mesure est formé d'une bague portant deux doigts : l'un fixe, l'autre mobile, se déplaçant avec une tige à pression indiquant, à l'aide des repères m_1, m_2, les distances maximum et minimum entre les doigts et, par suite, d'axe en axe des pistons

Le calibre étant placé et réglé de façon que la partie concave du doigt fixe touche l'un des pistons, le doigt mobile est alors avancé jusqu'au contact de l'autre piston.

L'écartement maximum des pistons est donné par le repère m_1 qui doit affleurer le côté intérieur m_3 du manchon guide de la tige ou pénétrer dans celui-ci.

L'écartement minimum est donné par le repère m_2 qui doit également affleurer le côté m_3 du manchon guide de la tige ou ne pas pénétrer dans celui-ci.

Donc, le repère m_3 correspondant à l'écartement des pistons de la douille par rapport aux repères m_1 et m_2 doit toujours être placé entre ces deux derniers.

k. Diamètre des contacts (*Calibre* XI). — Pour vérifier le diamètre des contacts, on utilise un gabarit en forme de croissant pouvant être placé facilement à l'intérieur des douilles; ce gabarit est percé de deux trous, l'un ayant le diamètre maximum et l'autre le diamètre minimum.

Les pistons remplissant les conditions réglementaires peuvent entrer dans le trou maximum et au contraire ne peuvent s'engager dans le trou minimum.

B. Angle entre la rainure d'introduction et l'axe de l'encoche (*Calibre* XII). — Le calibre employé pour cette vérification est formé de deux tiges $b_1 b_1$ et $b_2 b_2$ montées à 45° sur un même axe.

La tige inférieure $b_1 b_1$ étant engagée à fond dans les encoches, les angles aigus formés par celle-ci et la tige $b_2 b_2$ indiquent la limite maximum de l'axe des rainures.

Pour que l'angle entre la rainure d'introduction et l'axe de l'encoche soit de grandeur inférieure ou maximum à 45°, il suffit que l'axe de chaque rainure soit compris à l'intérieur des angles aigus formés par les tiges $b_1 b_1$ et $b_2 b_2$.

TABLEAU DES DIMENSIONS ADOPTÉES POUR L'UNIFICATION DES DOUILLES DE SUPPORT.

Repères.	Douilles de support.	Lampes courantes. Minimum.	Lampes courantes. Maximum.	Lampes flamme. Minimum.	Lampes flamme. Maximum.
D	Diamètre intérieur de la douille	22,25	22,5	15,5	15,75
r	Distance entre le bord de l'encoche et celui de la douille	4	5	2	3
z	Profondeur de l'encoche	1	1,5	0,7	1
b	Largeur de la rainure	2,5		2,2	
t	Distance entre les pistons détendus et le bord de l'encoche		5		4,5
T	Même distance, pistons comprimés	8,5		7,7	
M	Distance d'axe en axe des pistons	12	13	8	9
k	Diamètre des contacts	2,5	5	2	4
B	Angle entre la rainure d'introduction et l'axe de l'encoche		45°		45°
a_2	Angle entre la direction des pistons et celle des encoches	90° env.	90° env.	90° env.	90° env.

a_2. Angle entre la direction des pistons et celle des encoches (*Calibre* VIII). — En engageant le calibre VIII déjà décrit dans les encoches de la douille comme un culot de lampe à incandescence et en le faisant glisser de façon à faire toucher la plus petite tige d'acier contre les pistons, on peut facilement vérifier si la direction de ces derniers est bien de 90° avec celle des encoches.

Cette condition est réalisée si la petite tige d'acier est tangente aux deux pistons en même temps.

Instructions générales pour la fourniture et la réception des machines et transformateurs électriques.

ARTICLE PREMIER.

DÉSIGNATION DE LA PUISSANCE.

1.

Puissance. — La *puissance* pour laquelle la machine a été vendue doit être mentionnée sur une plaque fixée à la machine; elle est exprimée :

a. Pour les *génératrices à courant continu*, en kilowatts aux bornes;

b. Pour les *génératrices à courant alternatif* et les *transformateurs statiques*, en kilowatts aux bornes;

c. Pour les *réceptrices*, en kilowatts ou en chevaux de 75^{kgm} par seconde disponibles sur l'arbre.

2.

INDICATION DES CONSTANTES. — On indiquera, en outre, sur la plaque de la machine :

a. Le *facteur de puissance*, à la puissance normale, des machines ou appareils présentant un déphasage. Lorsque le facteur de puissance des génératrices n'aura pas été spécifié il sera supposé égal à 0,8 et la puissance des excitatrices sera déterminée par cette condition;

b. Pour la *marche continue*, à la puissance normale, la vitesse de rotation en tours par minute, la fréquence, le rapport de transformation, la tension (composée en cas de courants triphasés ou hexaphasés; primaire et secondaire en cas de transformation), le courant (primaire et secondaire en cas de transformation);

c. Pour la *marche à régime variable*, les limites de la tension et du courant;

d. Pour les *machines à marche intermittente* (pont roulant, grue, ascenseur, etc.), la puissance pour une durée de fonctionnement d'une heure, en ajoutant la mention : « marche intermittente ».

ART. II.
ÉLÉVATION DE TEMPÉRATURE.

3.

TEMPÉRATURE MAXIMA. — La *température maxima* d'une machine ou d'un transformateur doit être compatible avec la conservation de l'isolant.

4.

MÉTHODES DE MESURE. — Les *températures seront mesurées au thermomètre* sur la partie accessible la plus chaude.

Cependant, pour les *génératrices, moteurs* et *transformateurs non immergés*, la ***température des circuits d'excitation*** parcourus par du courant continu, ainsi que celle de tous les enroulements fixes, pourra être déterminée par ***l'augmentation de résistance***.

La température des *transformateurs immergés* sera mesurée au thermomètre plongé dans l'huile à la hauteur des enroulements et à leur partie supérieure.

5.

ÉCHAUFFEMENTS. — La différence entre la température mesurée et la température ambiante ne devra pas dépasser :

ENROULEMENTS MOBILES. — *a.* Pour les *enroulements mobiles :*

Avec isolement	au coton	50° C.
»	au papier	60° C.
»	au mica ou à l'amiante ou préparations équivalentes	80° C.

ENROULEMENTS FIXES. — *b.* Pour les *enroulements fixes :* les ***valeurs*** spécifiées pour les enroulements mobiles ***augmentées de 10°***.

TRANSFORMATEURS. — *c.* Pour les *enroulements* haute et basse tension *de transformateurs immergés ou non :*

Avec isolement	au coton	60° C.
»	au papier	70° C.
»	au mica ou à l'amiante ou préparations équivalentes	90° C.

FERS ET PIÈCES CONDUCTRICES NUES. — *d.* Pour les fers de *circuits magnétiques* et pour les *pièces conductrices nues :* 90° mesurés au thermomètre.

COLLLECTEURS. — *e.* Pour les *collecteurs :* 60° mesurés au thermomètre.

PALIERS. — *f.* Pour les *paliers :* 45° mesurés au thermomètre.

6.

MACHINES A COLLECTEURS EN SERVICE CONTINU DE JOUR ET DE NUIT ET MACHINES DE PLUS DE 2000 VOLTS. — Pour les *machines à collecteurs destinées* à un *service continu de jour et de nuit* et pour les *machines de plus de* 2000 *volts* (*à l'exclusion des transformateurs*), les ***limites*** d'échauffement ci-dessus ***seront abaissées de 5°.***

7.

TEMPÉRATURE AMBIANTE. — Les limites d'échauffement ci-dessus supposent une ***température ambiante égale à 35° C.***

8.

Le thermomètre indiquant la température ambiante sera placé sur le trajet de l'aspiration à 1^m environ de la machine et à l'abri de toute influence étrangère.

Si la température ambiante varie pendant la durée de l'essai on prendra pour sa valeur la moyenne du dernier quart du temps d'essai.

9.

CORRECTIONS RELATIVES A LA TEMPÉRATURE AMBIANTE. — *a.* Si l'essai est effectué à une température ambiante inférieure à 35° C., les limites d'échauffement définies au paragraphe 5 seront réduites dans le rapport $\frac{1}{1+0,005(35-\theta)}$, θ étant la température ambiante durant l'essai.

b. Si la machine est appelée à fonctionner dans un local où la température ambiante doit être supérieure à 35° C., les limites d'échauffement définies au paragraphe 5 seront réduites dans le rapport $\frac{1}{1+0,005(\theta'-35)}$, θ' étant en service la température ambiante présumée du local.

10.

COEFFICIENT DE TEMPÉRATURE DU CUIVRE. — Dans le calcul des températures par l'augmentation de résistance du cuivre, on admettra comme coefficient de température la valeur de 0,004 par degré centigrade, à moins qu'il n'en ait été spécifié autrement.

11.

RELEVÉ DES TEMPÉRATURES. — Les températures seront déterminées comme il est indiqué ci-après :

INDUCTEURS COMPOUND. — *a.* On prendra comme température des inducteurs compound :

α. Si le circuit en série inaccessible est placé sous le circuit dérivé, la température de ce dernier déterminée par comparaison des résistances;

β. Si le circuit en série est extérieur au circuit dérivé, la moyenne de la température du circuit dérivé déterminée par comparaison des résistances et de celle lue au thermomètre placé sur le circuit en série.

INDUITS. — *b.* La température des induits sera déterminée comme suit :

γ. Sur le fer, par l'application d'un thermomètre au point accessible le plus chaud;

δ. Sur les fils de l'induit, à l'aide de trois thermomètres appliqués immédiatement après l'arrêt :

Deux d'entre eux à la sortie des encoches et aussi près que possible du fer, sans le toucher, l'un du côté du collecteur, l'autre du côté opposé;

Le troisième au milieu des encoches et aussi près que possible du fer, sans le toucher.

On admettra comme chiffre de température de l'enroulement de l'induit la plus élevée des trois lectures.

Si le troisième thermomètre ne peut être appliqué, on admettra comme chiffre de température la plus élevée des lectures des deux autres thermomètres majorée de 3 pour 100.

Les températures seront lues après 5 minutes d'application des thermomètres.

Les thermomètres employés ne devront pas contenir plus de 1^{cm^3} de mercure.

12.

DURÉE D'ESSAI DES MACHINES. — L'élévation de température des machines à marche continue, dans l'essai à puissance normale, sera mesurée après un service d'une durée suffisante pour atteindre une température sensiblement constante.

Ces durées sont généralement données par le Tableau suivant :

$K \frac{\text{Volts-ampères}}{\text{tours par minute}}$	Durée d'essai.
0 à 10	2 heures.
10 à 30	3 »
30 à 100	4 »
100 à 200	5 »
200 à 300	6 »
300 à 500	7 »
500 à 700	8 »
700 à 1000	9 »
10000 à 1500 (¹)	10 »

13.

DURÉE D'ESSAI DES TRANSFORMATEURS. — La *durée d'essai des transformateurs* sera fixée conformément aux indications suivantes :

a. Transformateurs à service discontinu, la durée de l'essai à pleine puissance devra être spécifiée suivant le mode de fonctionnement;

(¹) La durée d'essai des machines dont le coefficient K est supérieur à 1500 sera déterminée suivant la destination de la machine.

b. Transformateurs à service permanent, l'essai sera poursuivi jusqu'à l'obtention de l'échauffement limite à puissance normale.

14.

DURÉE D'ESSAI DES MACHINES A SERVICE INTERMITTENT. — La *durée d'essai des machines à service intermittent* sera de 1 heure; les conditions d'échauffement seront les mêmes que celles prévues pour les machines fermées et moteurs de traction pour lesquels on se conformera aux stipulations du Congrès de Milan (septembre 1906) (¹).

15.

ENTRETIEN DES COLLECTEURS. — A toute puissance comprise entre la marche à vide et celle à la puissance normale, les balais étant placés dans la position la plus favorable et rodés sur le collecteur par une marche préalable, les machines avec collecteur doivent pouvoir fonctionner sans qu'on soit obligé de passer le collecteur au papier de verre ou d'employer tout autre procédé de nettoyage, pendant la durée d'essai spécifiée au paragraphe 12.

ART. III.

SURCHARGES.

16.

SURCHARGES. — Toute machine doit pouvoir supporter sans détérioration (et sans étincelles nuisibles pour les machines à collecteurs) une augmentation de courant ou de couple qui sera au minimum de :

a. 20 pour 100 pendant $\frac{1}{10}$ de la durée d'essai spécifiée par le Tableau du paragraphe 12.

b. 30 pour 100 pendant 5 minutes.

Les conditions de surcharge ne s'appliquent pas aux

(¹) *Stipulations du Congrès de Milan. — Échauffement.* — L'échauffement d'un moteur doit être considéré comme exagéré, lorsque, partant d'une température de l'air ambiant égale à 25° C., le moteur atteint, après 10 heures de marche à la puissance permanente ou après une heure de marche à la puissance normale, une température finale dépassant celle de l'air ambiant, des valeurs suivantes :

a. Pour les enroulements isolés au coton .... 70° C.
Pour les enroulements isolés au papier .... 80° C.
Pour les enroulements isolés au mica, amiante ou autres substances présentant les mêmes qualités d'isolement et d'incombustibilité ..... 100° C.
b. Pour les collecteurs .... 80° C.
c. Pour les parties métalliques dans lesquelles sont noyés les enroulements, la valeur correspondante à celle indiquée pour les enroulements, suivant la nature de l'isolement utilisé pour ceux-ci.

Lorsque les enroulements sont à isolements combinés, on prendra la limite inférieure.

....

Par puissance permanente et puissance normale d'un moteur il faut entendre la puissance qui, le courant étant fourni sous la tension normale de service, peut être développée par ledit moteur pendant 10 heures consécutives, dans le premier cas, et pendant une durée ininterrompue de 1 heure, dans le second, sans qu'il en résulte un échauffement exagéré, dans le sens indiqué au paragraphe « *Échauffement* ».

moteurs synchrones et asynchrones à courants alternatifs simples.

17.

L'état des collecteurs des machines et commutatrices ne devra pas être altéré par l'essai de surcharge au point de nuire ultérieurement au fonctionnement à puissance normale.

18.

SURCHARGE DES MOTEURS DE TRACTION OU A MARCHE INTERMITTENTE. — Les surcharges des moteurs de traction et des moteurs à marche intermittente seront de 25 pour 100 pendant 15 minutes et de 50 pour 100 pendant 5 minutes.

19.

Toutes les surcharges indiquées ci-dessus seront fournies après une marche à la puissance normale de la durée définie à l'article II, paragraphes 12 et 14.

20.

SURCHARGE DES ALTERNATEURS. — La surcharge des alternateurs sera réalisée avec le facteur de puissance prévu; l'excitatrice devra pouvoir y suffire.

21.

SURCHARGE DES TRANSFORMATEURS. — Les transformateurs devront pouvoir supporter les surcharges non consécutives suivantes :

20 pour 100 pendant 1 heure,
30 pour 100 » 30 minutes,
50 pour 100 » 5 minutes.

22.

ÉPREUVE DE SURCROIT DE VITESSE. — En plus des épreuves spécifiées ci-dessus, les machines devront pouvoir supporter un surcroît momentané de vitesse qui, pour les *génératrices*, sera fixé dans chaque cas en tenant compte du mode de commande.

23.

Les *moteurs à courant continu* devront pouvoir supporter pendant 5 minutes une vitesse de 20 pour 100 supérieure à la vitesse normale.

24.

ÉPREUVE DE SURTENSION DES CIRCUITS. — Les circuits des machines et transformateurs devront pouvoir être soumis, sans inconvénient, pendant 3 minutes, *si aucune considération mécanique ou électrique ne s'y oppose*, à une tension supérieure de 30 pour 100 à celle agissant sur ces circuits en régime normal.

ART. IV.

AUTO-RÉGULATION.

25.

AUTO-RÉGULATION. — L'auto-régulation est définie par le rapport des variations maxima de tension et de vitesse, en passant de la puissance normale à la marche à vide, aux tension et vitesse à puissance normale.

26.

VARIATION DE TENSION. — La variation de tension sera mesurée en passant de la puissance normale à la marche à vide, à vitesse constante, dans les conditions ci-après :

GÉNÉRATRICES A COURANT CONTINU. — *a. Génératrices à courant continu : auto-excitatrices*, en maintenant constante la résistance dans le circuit inducteur dérivé; *à excitation séparée*, en maintenant constant le courant d'excitation.

Dans cet essai, et à moins de conventions contraires, la position des balais sera maintenue fixe à la position sans étincelles à puissance normale.

GÉNÉRATRICES A COURANTS ALTERNATIFS. — *b. Génératrices à courants alternatifs :* en maintenant constant le courant d'excitation.

COMMUTATRICES. — *c. Commutatrices et moteurs générateurs :* en maintenant constantes la fréquence et la tension aux bornes réceptrices et en se rapprochant autant que possible d'un facteur de puissance égal à l'unité.

27.

TRANSFORMATEURS. — Pour les transformateurs, la variation de tension sera mesurée en passant de la puissance normale à la marche à vide au secondaire, à fréquence et tension constantes au primaire.

28.

FACTEUR DE PUISSANCE DANS L'ESSAI DE VARIATION DE TENSION. — La variation de tension, pour les génératrices à courants alternatifs et pour les transformateurs, sera spécifiée pour la puissance normale exprimée en kilovolts-ampères :

a. Avec un facteur de puissance égal à l'unité;

b. Avec le facteur de puissance minimum prévu ou, à son défaut, avec le facteur 0,8.

29.

VARIATION DE VITESSE. — La variation de vitesse sera mesurée en passant de la marche à puissance normale à la marche à vide, en maintenant constantes aux bornes :

La tension, pour les moteurs à courant continu;

La tension et la fréquence, pour les moteurs à courants alternatifs.

30.

AUTO-RÉGULATION DES MOTEURS D'INDUCTION; GLISSEMENT. — L'auto-régulation des moteurs d'induction pourra être définie par le *glissement*, c'est-à-dire par le rapport de la variation de vitesse à la vitesse du synchronisme.

ART. V.

RENDEMENT.

31.

RENDEMENT. — Le *rendement* est le rapport de la puissance utilisable à la puissance absorbée.

32.

Toutes les fois que les deux puissances désignées ci-dessus ne pourront être mesurées directement le rende-

ment sera déterminé par la méthode des pertes séparées.

Ces pertes se décomposent comme suit :

Pertes mécaniques.

a. Frottement des paliers et ventilation.
b. Frottement des balais sur les collecteurs et bagues.

Pertes électriques.

c. Hystérésis et courants de Foucault.
d. Effets Joule dans les circuits (inducteurs, induits, circuits primaires et secondaires).

33.

DÉTERMINATION DES PERTES PAR EFFET JOULE. — Les pertes par effet Joule seront calculées avec les courants et résistances à chaud des circuits.

DÉTERMINATION DES AUTRES PERTES. — Les autres pertes seront représentées par la puissance nécessaire au fonctionnement à vide de l'appareil, déduction faite des pertes par effet Joule dues à ce fonctionnement à vide, les forces électromotrices étant égales, durant la détermination de ces pertes, aux forces électromotrices agissant pendant le fonctionnement à la puissance pour laquelle le rendement est envisagé.

34.

PUISSANCE A VIDE RELATIVE AUX PERTES DES GÉNÉRATRICES ET RÉCEPTRICES. — La détermination des pertes par la mesure de la puissance nécessaire à vide se fera, *pour les génératrices et réceptrices*, à la vitesse et à la tension de régime aux bornes, cette dernière étant augmentée ou diminuée de la chute de tension due aux résistances de l'induit et aux circuits d'excitation en série avec celui-ci.

35.

Les mesures de rendement devront être faites ou ramenées à la température atteinte après l'essai de fonctionnement défini à l'article II.

36.

Le rendement sera indiqué pour la puissance normale, les trois quarts et la moitié de cette puissance en y comprenant les pertes afférentes aux appareils auxiliaires tels que rhéostats, excitatrices, ventilateurs, pompes de circulation faisant partie intégrante de la fourniture.

37.

ALTERNATEURS. — Le rendement des génératrices à courants alternatifs, à la puissance normale, sera indiqué :

a. Pour un facteur de puissance égal à l'unité ;
b. Pour le facteur de puissance minimum prévu ou, à son défaut, pour un facteur de puissance égal à 0,8.

38.

TRANSFORMATEURS. — Pour les transformateurs, on indiquera également le rendement au quart de la puissance normale, ainsi que le facteur de puissance et la consommation à vide.

ART. VI.

ÉPREUVE DES ISOLANTS.

39.

ÉPREUVE DES ISOLANTS. — Les machines et transformateurs devront pouvoir supporter ***pendant 30 minutes et à chaud*** l'application d'une tension d'épreuve amenée progressivement au chiffre donné par le Tableau suivant :

Tension normale.	Tension d'épreuve.
Jusqu'à 5000 volts.	Le double de la tension normale, minimum 110 volts.
De 5000 à 10000 volts.	La tension normale augmentée de 5000 volts.
Au delà de 10000 volts.	Une fois et demie la tension normale.

40.

APPLICATION DE LA TENSION D'ÉPREUVE. — La tension d'épreuve sera appliquée entre les différents circuits des appareils et entre ces circuits et la masse.

Elle sera fixée :

Dans le premier cas, d'après la tension efficace la plus élevée des circuits essayés ensemble :

Dans le second cas, d'après la tension efficace la plus élevée que l'appareil est destiné à produire ou supporter, exception faite pour les circuits d'excitation alimentés par une source indépendante et pour lesquels la tension d'épreuve sera fixée par la valeur de la force électromotrice de ladite source.

41.

NATURE DU COURANT D'ÉPREUVE. — Les valeurs indiquées ci-dessus pour les tensions d'épreuve des isolants sont valables sous condition que l'essai soit fait avec le genre de courant alimentant les circuits en service normal.

Lorsque ceux-ci, parcourus en service normal par du courant continu, doivent être éprouvés avec du courant alternatif, la tension efficace de celui-ci ne sera que les $\frac{7}{10}$ de la tension d'épreuve prévue au n° 39.

Inversement, les circuits à courants alternatifs subissant l'épreuve des isolants au moyen de courant continu seront soumis à une tension d'épreuve égale à 1,4 fois la tension efficace du courant alternatif prévu pour ladite épreuve conformément au paragraphe 39.

42.

La courbe de tension de l'alternateur employé pour l'épreuve des isolants devra être aussi voisine que possible d'une sinusoïde.

43.

TENSIONS D'ÉPREUVE A FROID. — Si l'épreuve des isolants ne pouvait être opérée à chaud, elle pourrait être remplacée par une épreuve à froid d'une durée de 5 minutes sous une tension définie par le Tableau ci-après :

Tension normale.	Tension d'épreuve.
Jusqu'à 5000 volts.	Le triple de la tension normale, avec minimum de 500 volts.
De 5000 à 10000 volts.	La tension normale augmentée de 10000 volts.
Au delà de 10000 volts.	Le double de la tension normale.

44.

L'épreuve des isolants ne sera exigée qu'à la réception dans les ateliers du constructeur.

ART. VII.
FACTEURS DE PUISSANCE.

45.

FACTEURS DE PUISSANCE. — *Alterno-moteurs destinés à être employés sur les réseaux de distribution publique.* — Le facteur de puissance à puissance normale, sous une tension ne différant pas de plus ou moins 5 pour 100 de la tension normale, ne devra pas être inférieur aux valeurs indiquées par le Tableau ci-après, sauf dérogations expressément autorisées :

Puissance disponible sur l'arbre (*chevaux*).	Facteur de puissance. Moteurs à courants polyphasés.	Moteurs à courant alternatif simple.
0 à 0,5	0,60	0,55
0,5 à 1	0,65	0,60
1 à 1,5	0,70	0,65
1,5 à 5	0,75	0,70
5 à 10	0,77	0,75
10 à 15	0,80	0,77
15 à 20	0,82	0,80
au delà de 20	0,85	0,82

ART. VIII.
FRÉQUENCES.

46.

FRÉQUENCES. — Les *fréquences usuelles* qu'il est recommandé d'employer de préférence sont celles de $16\frac{2}{3}$, 25, $41\frac{2}{3}$ et 50 périodes par seconde.

ART. IX.
TOLÉRANCES POUR LES GARANTIES.

47.

TOLÉRANCES. — Le Tableau ci-après fixe :

1° La tolérance accordée pour erreurs de mesure, et au delà de laquelle il peut y avoir lieu à réduction de prix;

2° La limite à partir de laquelle il y a lieu de considérer le matériel comme ne répondant pas aux conditions de sa spécification.

GARANTIES.	TOLÉRANCES.	LIMITES.
D'échauffement...	3° C.	10° C. au-dessus des limites fixées à l'article II.
D'autorégulation.	20 pour 100 du pourcentage garanti.	50 pour 100 du pourcentage garanti.
De rendement....	20 pour 100 de la somme des pertes totales ou mesurables, suivant le cas.	50 pour 100 des pertes totales ou mesurables.

Cahier des charges relatif aux câbles sous plomb armés et à leurs accessoires, destinés à supporter des tensions supérieures à 2000 volts.

Le présent cahier des charges a pour but de réglementer les conditions de livraison, d'essais, de garantie, de pose, etc., ainsi que les spécifications des câbles armés.

I.
SPÉCIFICATION DE LA COMMANDE.

Les câbles faisant l'objet de la présente commande seront livrés pour former des longueurs totales de.... constituées par des pièces de...................... mètres de longueur (1).

La commande comprend également les accessoires nécessaires à la pose des câbles, tels que boîtes de jonction, de branchement, d'extrémité et de coupe-circuits.

Ces accessoires devront être construits de telle façon qu'ils puissent supporter après montage, sans aucune détérioration ni échauffement, les mêmes tensions et surcharges que les câbles faisant l'objet de la présente commande.

Ils devront être tout spécialement étudiés pour éviter l'introduction de l'humidité, quelle que soit la nature du sol dans lequel ils seront placés.

II.
SPÉCIFICATION DU CABLE.

Le câble sera constitué par un ou plusieurs conducteurs de chacun......mm^2, ou ayant respectivement les sections de......mm^2 (2).

Chaque conducteur sera composé par un fil ou une corde en cuivre rouge recuit de haute conductibilité. La résistivité en sera au maximum de 1,6 microhm-centimètre à 0° (étalon Matthiessen 1,593 à 0°), le coefficient de variation avec la température étant de 0,0042.

Chaque conducteur sera recouvert d'une gaine isolante et les conducteurs ainsi constitués seront câblés entre eux avec interposition d'un bourrage isolant pour combler les vides et avoir ainsi une forme cylindrique aussi régulière que possible.

Ce cylindre pourra être recouvert d'une nouvelle gaine isolante et sera placé dans un ou deux tubes de plomb, sans soudures, le plomb sera entouré d'un matelas de filin goudronné et le tout recouvert d'une armature constituée par deux feuillards d'acier d'une épaisseur de $0^{mm},7$ à $1^{mm},2$, protégés par un matelas de filin ou de toile goudronnés.

(1) Dans les voies encombrées par branchements d'eau ou de gaz et par de nombreuses traversées, il y a intérêt à ne pas avoir des pièces trop grandes; au contraire, lorsque le déroulage peut se faire facilement et sans boucle, il est préférable d'employer de grandes pièces afin de réduire le nombre des jonctions.

La longueur des pièces est généralement limitée par le poids des bobines et la difficulté de leur manutentionnement. Ces longueurs peuvent varier de 80^m à 150^m pour les plus gros câbles et atteindre 500^m au maximum pour les plus petits.

(2) La section du câble est égale à la somme des sections des fils le composant.

Les deux feuillards seront enroulés l'un sur l'autre dans le même sens, de manière à se recouvrir d'une quantité au moins égale au tiers de leur largeur, et ne devront par conséquent laisser en aucun point la gaine de plomb en vue.

Dans le cas où l'acheteur le demanderait, les deux feuillards pourraient être remplacés par une armature en fils d'acier.

On différenciera les conducteurs les uns des autres, par exemple, par un certain nombre de fils étamés, par des rubans de couleur différente, etc.

III.

DENSITÉ DU COURANT.

Les câbles pourront supporter pendant un temps indéfini une intensité de courant en ampères par millimètre carré indiquée dans le Tableau ci-dessous :

Section de chaque conducteur en mm².	Jusqu'à 3000 volts.	De 3000 à 10000 volts.	Au-dessus de 10000 volts.
5 à 20	3,5	3	2,5
20 à 50	2,5	2,5	2,5
50 à 100	2,0	2,0	2,0
100 à 200	1,5	1,4	1,4

Au-dessus de 200$^{mm^2}$, les densités de courant feront l'objet de conventions spéciales.

Les densités de courant ci-dessus s'appliquent aux câbles torsadés et ne peuvent être adoptées pour les câbles concentriques.

IV.

ESSAIS DE RÉCEPTION DES CABLES A L'USINE.

Les essais des câbles auront lieu à l'usine du fournisseur à des dates fixées après entente avec l'acheteur. Les appareils nécessaires seront fournis par le constructeur.

a. Tension. — Les câbles seront soumis d'abord pendant 15 minutes (entre les conducteurs et entre les conducteurs et l'armature) à une tension correspondant à trois fois la tension de fonctionnement normal, et ensuite pendant une heure à une tension double de la tension normale.

Toutefois la tension entre les conducteurs et l'armature pourra être réduite à deux fois la tension normale pour l'essai de 15 miuutes et à une fois pour l'essai d'une heure.

b. Isolement. — La résistance d'isolement des câbles sera d'au moins 500 mégohms à la température de 10° C. par kilomètre, sous une tension de 100 volts [1]. Ces essais devront être faits par la méthode de déviation comparée, et l'isolement minimum indiqué devra être obtenu soit entre les conducteurs, soit entre chaque conducteur et l'armature. La mesure sera faite après 2 minutes d'électrification. Les essais seront faits par le personnel du constructeur.

(1) L'isolement des câbles sous cellulose imprégnée baisse très rapidement avec l'élévation de température, le coefficient de correction dépendant du mode de construction; il y aura donc lieu de tenir compte de ce coefficient si la température d'essai n'est pas de 10°.

V.

EMBALLAGE. — TRANSPORT.

Les bobines ou tourets servant à l'emballage seront facturés au moment de l'expédition et remboursés pour les $\frac{9}{10}$ de leur valeur après leur retour fait franco à l'usine des constructeurs, en bon état, aux frais de l'acheteur, si ce retour s'effectue dans le délai maximum de 6 mois.

Les câbles seront sous la surveillance et sous la responsabilité du constructeur jusqu'à l'arrivée au point de livraison.

VI.

POSE.

Si l'acheteur le demande, la pose sera effectuée par les soins et sous le contrôle du constructeur.

A cet effet il fournira les appareils nécessaires au déroulage des câbles dans les tranchées [1], il surveillera le déroulage, il fournira et montera les boîtes de jonction, de dérivation et d'extrémité nécessaires.

L'acheteur fournira tous les manœuvres nécessaires au déchargement, à la manutention des tambours et du matériel de pose et de déroulage du câble, il se chargera de l'exécution des tranchées, du remblayage, de la réfection du sol, de la fourniture des grillages et autres accessoires, du gardiennage, de l'éclairage, du magasinage des câbles et de l'outillage du constructeur. Les droits d'octroi, s'il y a lieu, seront à sa charge.

L'avancement des tranchées et les livraisons des câbles seront réglés de manière qu'il n'y ait pas de temps perdu ni pour le constructeur ni pour l'entrepreneur de terrassement.

VII.

ESSAIS APRÈS POSE.

Au plus tard 15 jours après la pose, il sera procédé aux essais de tension et d'isolement aux conditions ci-après :

a. Tension. — La canalisation posée par les soins du constructeur y compris les boîtes de jonction et d'extrémité et de dérivation sera soumise à une tension de deux fois la tension normale du réseau, soit entre conducteurs, soit entre chacun des conducteurs et la terre, pendant 15 minutes, le courant et les appareils nécessaires à l'essai étant fournis par l'acheteur et acceptés par le constructeur.

Toutefois la tension entre les conducteurs et l'armature pourra être réduite de une fois et demie la tension normale.

b. Essai d'isolement. — La canalisation, constituée comme il est dit ci-dessus, devra avoir une résistance d'isolement d'au moins 200 mégohms par kilomètre à 10° C. [2]. Les appareils nécessaires à cet essai seront fournis par le constructeur.

La tension d'essai sera au moins de 100 volts.

(1) L'entrepreneur pourra faire payer une location pour ce matériel.

(2) *Voir* note (1) à la colonne précédente.

VIII.

GARANTIES.

Les câbles sont garantis contre tout vice de matière, de fabrication ou de pose pendant une durée d'un an à partir de la mise en service, et au plus de 14 mois à partir de la livraison de ces câbles (*date de la facture*) à condition que la pose soit faite par les soins et sous le contrôle du constructeur, dans les conditions mentionnées ci-dessus.

Dans le cas où la pose serait faite par l'acheteur, les mêmes garanties sont maintenues, mais seulement contre tout vice de matière ou de fabrication.

A la fin de la période de garantie, la résistance d'isolement des canalisations sera de 50 mégohms par kilomètre à 10° C.; les essais, s'il y a lieu d'en faire, étant toujours à la charge et aux frais de l'acheteur dans les conditions indiquées ci-dessus.

Il est entendu que cet isolement est compris les abonnés débranchés.

Lorsqu'il se produira un accident provenant, à l'exclusion de toute autre cause, d'un défaut de matière, de fabrication, ou de pose, si elle a été faite par le constructeur, celui-ci devra réparer la canalisation dans le plus bref délai et à ses frais.

La responsabilité du constructeur est seulement limitée à la mise en état ou au remplacement de la partie défectueuse sans qu'il puisse résulter pour lui de dommages-intérêts.

Il aura également à sa charge tous les frais qui auront été occasionnés par cette réparation tels que: fouilles, réfections de trottoirs, etc., la valeur des travaux étant limitée à ce qu'aurait exigé la remise en état dans les conditions où se trouvait le sol au moment de la pose de la canalisation, sauf réserve faite par le constructeur au moment de la passation de la commande.

IX.

DÉLAI DE LIVRAISON.

Les câbles faisant l'objet de la présente commande et leurs accessoires devront être livrés..................
à...
dans un délai de............................ à partir de la date de la signature du présent marché.

X.

PRIX DE LA FOURNITURE (1).

Les fournitures faisant l'objet du présent marché seront livrées aux prix suivants :

(1) Variation des prix des câbles avec le cours du cuivre et du plomb.

On prend généralement comme base le cours du cuivre électrolytique (Electrolytic Wire Bars) d'après le *Daily Commercial Report*, et l'on admet une variation de prix de 0fr,30 par millimètre carré de section (section totale des conducteurs) et par kilomètre de longueur pour chaque livre en plus ou en moins.

On tient compte également de la variation du cours du plomb.

XI.

PAYEMENT.

Les conditions généralement acceptées sont les suivantes :

30 pour 100 à la commande;

30 pour 100 à la fin de chaque mois de pose, et au plus tard 2 mois après notification que les câbles sont prêts à être reçus en usine;

30 pour 100 à fin de mois des essais après pose, qui devront avoir lieu comme il est dit ci-dessus, et au plus tard 2 mois après le second payement;

10 pour 100 à fin de garantie, au plus tard 1 an et 2 mois après le deuxième payement.

XII.

CONTESTATIONS.

Toutes les contestations auxquelles pourraient donner lieu l'interprétation et l'exécution des clauses du présent contrat seront tranchées par deux experts, chacun d'eux étant désigné par l'une des parties qui, si cela est nécessaire, désigneront un tiers expert pour les départager. En cas de désaccord sur la désignation du tiers expert, il sera choisi par le président du tribunal.

Si un accord était impossible, le cas serait soumis à la juridiction du tribunal de.........................

Les droits, doubles droits ou amendes éventuelles perçus à l'occasion du présent contrat seront à la charge de la partie qui aura donné lieu à la perception de ces droits.

SYNDICAT PROFESSIONNEL DES INDUSTRIES ÉLECTRIQUES.

Siège social : rue Saint-Lazare, 11.

Téléphone : 238-60.

VINGT-QUATRIÈME BULLETIN BIMENSUEL DE 1909.

Extrait du procès-verbal de la séance de la Chambre Syndicale, le 7 décembre 1909.

Présidence de M. C. Zetter.

La séance est ouverte à 2h25m.

Sont présents : MM. H. André, J.-M. Berne, Alexis Cance, Chaussenot, Eschwège, Gaudet, Guittard, Hillairet, Larnaude, de La Ville Le Roulx, Lecomte, Legouëz, de Loménie, F. Meyer, M. Meyer, Minvielle, Portevin, Robard, Roche-Grandjean, Saglio, E. Sartiaux, Ch. Tournaire, Tourtay, Vedovelli, Zetter et M. de la Fontaine-Solare, Secrétaire général du Syndicat.

Se sont excusés : MM. Bancelin, Chateau, Frager, Grosselin, Javaux, Meyer-May, Mildé, Routin, Sauvage, Sciama.

— Le procès-verbal de la séance du 9 novembre 1909, publié dans *La Revue électrique* du 30 novembre, est adopté.

Nécrologie. — M. le Président rappelle le décès de M. Monduit, membre et ancien président de la Chambre de Commerce de Paris. De nombreux amis sont venus aux obsèques, le 2 décembre, pour lui rendre un dernier hommage et apporter à sa famille l'expression de leurs regrets unanimes.

Dans cette douloureuse épreuve, la Chambre Syndicale tient à donner une nouvelle marque de sympathie à la Chambre de Commerce de Paris.

Distinction honorifique. — La Chambre Syndicale adresse ses félicitations à M. Véry, ingénieur électricien, qui a été nommé récemment officier de l'Instruction publique.

Admissions. — Par suite du fusionnement des Ateliers Thomson-Houston avec la *Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston*, cette dernière Société sera désormais inscrite dans les première, quatrième, cinquième et sixième Sections professionnelles et représentée, dans la première, par M. Guittard, sous-directeur; dans la quatrième, par M. Rechniewski, administrateur; dans la cinquième, par M. Barnéoud, chef du service commercial; dans la sixième, par M. Guillain, président du Conseil.

— Sont admis dans le Syndicat Professionnel des Industries électriques ;

1° Au titre d'établissements adhérents :

Sur la présentation de MM. Meyer-May et Zetter, *Anciens Établissements Brissonneau et Lotz*, chaudronnerie, mécanique, électricité, 24, rue de la Brasserie, à Nantes, inscrits dans la première Section professionnelle et représentés par M. E. Bader, directeur.

Sur la présentation de MM. Vedovelli et Priestley, *R. Chobillon et Ch. Guyot*, installations électriques, 19, rue des Filles-du-Calvaire, à Paris, inscrits dans la sixième Section professionnelle et représentés par M. Ch. Guyot.

Sur la présentation de MM. Azaria et Bizet, *Électrocéramique P. Sailly, H. Caillet et Cie*, fabrique de porcelaines électrotechniques, rue du Bac, à Ivry-Port, inscrite dans la cinquième Section professionnelle et représentée par M. Sailly.

Sur la présentation de MM. Roche-Grandjean et Zetter, *Jacopozzi* (Fernand), décorateur-illuminateur, 44, rue de Bondy, à Paris, inscrit dans la sixième Section professionnelle et représenté par lui-même.

Sur la présentation de MM. Routin et Zetter, *Matabon* (J.-L.), constructeur de dynamos et moteurs, 124, rue Chaponnay, à Lyon, inscrit dans la première Section professionnelle et représenté par lui-même.

Sur la présentation de MM. Larnaude et Zetter, *Renault*, entreprise d'installations électriques, 185, rue Saint-Jean, à Caen, inscrit dans la sixième Section professionnelle et représenté par lui-même.

Sur la présentation de MM. M. Meyer et Zetter, *Société anonyme de la Manufacture de Porcelaines de Sainte-Foy-l'Argentière* (Rhône), isolateurs en porcelaine, inscrite dans la cinquième Section professionnelle et représentée par M. H. de Fenoyl, administrateur délégué.

Sur la présentation de MM. Grosselin et Robard, *Société d'Électrométallurgie de Dives*, tubes en cuivre, tubes en bronze, étain en tubes, lingots cuivre électrolytique, fils et barres haute conductibilité pour électricité, 11 *bis*, rue Roquépine, à Paris, inscrite dans la troisième Section professionnelle et représentée par M. Daniel Bethmont.

— 2° A titre d'adhérents en nom personnel, inscrits dans la septième Section professionnelle :

Sur la présentation de MM. Calmettes et Zetter, M. *Berger* (Édouard), représentant de l'appareillage électrique Grivolas, 157, rue Marcadet, à Paris.

Sur la présentation de MM. Guinier et Zetter, M. *J. Montagnier*, agent régional de la « Lampe Z », 38, rue Centrale, à Lyon (Rhône).

Démission. — La Chambre Syndicale accepte la démission de M. Mors (Émile), qui ne s'occupe plus d'électricité.

Correspondance. — Lettre de la Chambre de Commerce de Paris qui fait connaître les résultats d'une élection partielle et complémentaire du Bureau de la Chambre qui se trouve, en conséquence, composé comme suit :

Président : M. G. Kester;
Premier Vice-Président : M. M. Boverat;
Second Vice-Président : M. Ch. Legrand;
Premier Secrétaire : M. Placide Peltereau;
Second Secrétaire : M. Regnault-Desroziers;
Trésorier : M. David-Mennet.

— Avis de MM. Jacquet frères, ingénieurs-constructeurs électriciens, à Vernon (Eure), informant de l'ouverture à Paris, 52, rue Saint-Georges, d'une agence dont les bureaux sont placés sous la direction de M. G. Nissou, ingénieur des Arts et Manufactures.

— Lettre de la librairie Bernard Tignol, 53 *bis*, quai des Grands-Augustins, qui adresse au Syndicat, à titre d'hommage, un exemplaire de la douzième édition du *Manuel pratique du monteur électricien* de J. Lafargue et L. Jumau (1 vol. in-8° avec fig., cart. 10fr).

Union des Syndicats de l'Électricité. — M. le Président rend compte de la séance tenue par le Comité de l'Union le 10 novembre 1909.

Le procès-verbal en sera publié dans *La Revue électrique* du 30 décembre.

Union des Industries métallurgiques et minières. — M. le Président communique à la Chambre Syndicale une Note que le Comité des Forges de France a consacré à son président honoraire, M. de Nervo, décédé le 24 août dernier. Il signale que cette Communication lui est parvenue par les bons soins de l'Union des Industries métallurgiques et minières.

— L'Union des Industries métallurgiques et minières a publié les documents suivants qui ont été remis aux membres de la Chambre Syndicale :

N° 420. — L'industrie nationale et les banques de province.

N° 421. — Application des Décrets du 10 août 1899 relatifs aux cahiers des charges passés au nom de l'État. — Discussion au Conseil supérieur du travail.

N° 422. — Jurisprudence.

N° 423. — Questions sociales et ouvrières. — Revue du mois d'octobre.

Sections professionnelles. — *Première Section.* — *Instructions générales pour la fourniture et la réception des machines et transformateurs électriques.* — M. Legouëz fait connaître à la Chambre Syndicale que la première Section a approuvé le projet d'instructions générales élaboré par la Commission mixte composée de représentants du Syndicat des Usines d'Électricité et du Syndicat des Industries électriques. Il a le plaisir d'annoncer que les deux Syndicats se sont définitivement mis d'accord sur un texte transactionnel.

M. Zetter rappelle que la révision de ces instructions générales est l'une des premières questions dont a été saisie l'Union des Syndicats de l'Électricité. Si la Chambre veut bien sanctionner la décision de la première Section, il soumettra le projet au Comité de l'Union des Syndicats de l'Electricité qui doit se réunir le 8 décembre. Il insiste sur l'intérêt supérieur qui s'attache à la mise en vigueur immédiate des nouvelles instructions sous l'égide de l'Union.

La Chambre Syndicale approuve les instructions nouvelles et charge son Président de les présenter au Comité de l'Union.

Elle remercie M. Legouëz, les membres de la Commission mixte et les membres de la première Section de leur dévouement et de la somme de travail qu'ils ont prodiguée pour arriver à un accord particulièrement intéressant.

Troisième section. — *Cahier des charges relatif aux câbles sous plomb armés.* — M. Grosselin, empêché d'assister à la séance, a fait connaître au Président du Syndicat que la troisième Section a, de son côté, approuvé ledit cahier des charges préparé d'un commun accord entre le Syndicat des Usines d'Électricité et le Syndicat des Industries électriques. Cette question figure également au programme des travaux de l'Union des Syndicats de l'Électricité.

M. Zetter répète à ce propos ce qu'il vient de dire relativement aux Instructions générales pour la fourniture et la réception des machines et transformateurs électriques.

La Chambre Syndicale approuve ledit cahier des charges qui sera présenté au Comité de l'Union dans les mêmes conditions que les Instructions générales dont il vient d'être parlé.

Questions douanières. — M. le Président signale que la Chambre des Députés a poursuivi très rapidement la revision du régime douanier français. Il a fait faire le relevé des votes s'appliquant aux articles des industries électriques. Il dépose ce relevé sur le bureau de la Chambre et le met à la disposition des membres qui désirent le consulter.

Médaille du Syndicat. — Conformément aux décisions prises par la Chambre Syndicale, dans sa séance du 5 octobre dernier, M. le Président a étudié la création d'une médaille du Syndicat Professionnel des Industries électriques destinée à récompenser les employés et ouvriers de l'industrie électrique ayant au moins quinze années de services.

Cette institution est d'autant plus désirable que, dans cette industrie qui est relativement jeune, il se rencontre un très petit nombre d'employés et ouvriers susceptibles de recevoir la médaille d'honneur du travail du Ministère du Commerce et de l'Industrie instituée par le décret du 16 juillet 1886 en faveur des ouvriers et employés ayant 30 années de services.

M. Zetter expose à la Chambre Syndicale les détails du projet qu'il a élaboré, et le met en délibération.

La Chambre Syndicale adopte à l'unanimité la création de la médaille du Syndicat, et décide d'ouvrir une souscription parmi tous les membres du Syndicat pour en couvrir les frais. Elle charge les anciens présidents et le Bureau de la prompte réalisation de ce projet très intéressant.

L'ordre du jour étant épuisé, la séance est levée à 4 heures.

Le Président,
C. Zetter.

Le Secrétaire général,
de la Fontaine-Solare.

Bibliographie.

MM. les membres adhérents peuvent se procurer au Secrétariat général :

1° Les statuts du Syndicat;
2° Les annuaires du Syndicat;
3° La collection complète des Bulletins
4° Les numéros séparés dont ils auraient besoin pour compléter leur collection;
5° Les instructions concernant les conditions d'établissement des installations électriques dans l'intérieur des maisons;
6° Les instructions générales pour la fourniture et la réception des machines et transformateurs électriques (*ces instructions sont actuellement à l'impression*);
7° La série de prix des travaux d'électricité établie par le groupe des Chambres syndicales du bâtiment et des industries diverses et le Syndicat Professionnel des Industries électriques (édition de 1907);
8° Le Rapport de M. Guieysse sur les retraites ouvrières;
9° Les affiches dont l'apposition est prescrite par les lois réglementant le travail (voir *Bulletin* de juin 1905);
10° Les affiches « Dangers de l'alcoolisme » et « Conseils pour éviter la tuberculose »;
11° L'affiche indiquant les secours en cas d'accidents dus aux conducteurs d'énergie électrique;
12° La loi du 15 juin 1906 sur les distributions d'énergie; les décrets, arrêtés et circulaires relatifs à l'application de cette loi;
13° La convention pour la concession de la distribution de l'énergie électrique dans Paris.

Liste des documents publiés dans le présent Bulletin à l'intention des membres du Syndicat Professionnel des Industries électriques.

Avis commerciaux. — Rapports commerciaux des agents diplomatiques et consulaires de France, p. 504. — Tableau des cours du cuivre, p. 504.

SYNDICAT PROFESSIONNEL DES USINES D'ÉLECTRICITÉ.

Siège social : rue Tronchet, 27, Paris.

Téléphone : 225-92.

VINGT-QUATRIÈME BULLETIN BIMENSUEL DE 1909.

Extrait du procès-verbal de la séance de la Commission technique du 13 novembre 1909.

Présents: M. Brylinski, président du Syndicat; M. Eschwège, président de la Commission; M. Fontaine, secrétaire général; MM. Benoist, Bitouzet, Bizet, Buffet, Cousin, Daguerre, Della Riccia, Desroziers, Drin, Langlade, Moret, Paré, Nicolini, Renou, Schlumberger, Tainturier.

Absent excusé: M. Mazen.

M. le Président passe en revue les diverses questions à l'ordre du jour.

M. Drin indique des résultats qu'il croit intéressant de communiquer à la Commission sur la stérilisation par les rayons ultra-violets qui paraissent devoir donner des résultats supérieurs à ceux de divers autres modes de stérilisation.

Le travail de M. Nicolini sur le chargement automatique des foyers viendra à une prochaine séance.

En ce qui concerne les instructions pour la réception des machines et transformateurs électriques, M. Brylinski indique qu'un accord est prochain entre les Commissions syndicales chargées de cette question.

Dans le même ordre d'idées, le cahier des charges des câbles à haute tension a été adopté.

En ce qui concerne les poteaux et les isolateurs, MM. Paré, Daguerre et Schlumberger s'occupent du rapport à présenter.

CHOIX DES COMMUTATRICES ET DES CONVERTISSEURS. — M. Moret, chargé de ce travail, demande à donner préalablement connaissance d'une traduction qu'il a faite d'une brochure publiée en Italie et relative aux accidents qui pourraient arriver dans le travail des machines électriques et aux moyens d'y remédier.

Le travail de M. Moret sera reproduit et envoyé aux membres de la Commission pour être discuté dans une prochaine séance.

UNIFICATION DES PAS DE VIS. — Il en est de même du rapport de M. Drouin sur l'unification des pas de vis.

CANALISATIONS ET APPAREILS ÉLECTRIQUES. — Le rapport de M. Bitouzet sur les articles de M. Meynier relatif aux appareils et canalisations électriques sera reproduit et envoyé aux membres de la Commission.

RAPPORT DE M. IZART SUR LE CONTRÔLE DE LA CHAUFFE. — M. Izart, présent à la séance, attire particulièrement l'attention de la Commission sur l'importance pratique du contrôle de la combustion dans les centrales. Il insiste sur l'intérêt pour les chefs d'usine de se rendre compte du fonctionnement thermique des générateurs au moyen d'appareils de mesure appropriés, et compare une chaufferie sans instruments à un réseau de distribution sans ampèremètre.

Entrant dans le cœur du sujet, il aborde la question des pertes de chaleur dans les chaudières et compare les mérites respectifs des deux méthodes de contrôle qui tendent à s'introduire dans les stations, à savoir l'emploi d'analyseurs de gaz et celui d'appareils de dépression.

Se plaçant au point de vue essentiellement pratique, M. Izart estime que les analyseurs de gaz automatiques ne rendent pas les services qu'on espérait d'eux au début de leur apparition. L'appareil idéal, c'est-à-dire fournissant des indications exactes et instantanées tout en ne nécessitant pas de manipulations de réglage, ou de soins particuliers, est encore à trouver; procédant alors à une critique approfondie des analyseurs automatiques, il préconise à leur place, lorsqu'on désire installer un contrôle par analyse des gaz, des échantillonneurs automatiques en combinaison avec des analyseurs de gaz ordinaires Orsat, Hempel, etc., ce qui permet de rechercher l'oxyde de carbone.

Passant au second point de sa communication, celui qui a trait aux appareils de mesure de la dépression, M. Izart se montre très favorable à ces instruments peu coûteux et n'exigeant aucun entretien tout en fournissant des indications continues et instantanées, mais il indique la façon toute particulière dont leur emploi doit être fait.

Selon lui, on peut en effet employer un indicateur de tirage comme succédané de l'analyseur, en ayant soin de prendre un appareil de dépression différentiel et plus sensible que les appareils courants: en mesurant ainsi la différence de pression existant entre le dessus et le dessous de la grille d'un foyer, M. Izart est arrivé à constater qu'il existe une relation étroite entre cette différence de pression et la quantité d'air admis.

On peut alors aisément régler l'admission d'air au foyer, et par suite les conditions de combustion économique.

Incidemment, il décèle que l'emploi d'indicateurs au registre, ainsi qu'on le fait couramment, peut conduire à de fausses interprétations, car le tirage varie indépendamment des conditions de combustion au foyer, les perturbations atmosphériques, la température, etc., influent sur le tirage; ce qu'il importe donc bien de mesurer, c'est la perte de charge à la grille.

Pour terminer, M. Izart présente un déprimomètre enregistreur étudié par lui pour satisfaire aux desiderata énoncés; l'emploi d'un appareil enregistreur est recommandé parce que, outre son utilité comme appareil de réglage, l'instrument devient un moyen efficace de contrôle pour l'ingénieur, dont les occu-

pations ne lui permettent pas de surveiller étroitement la chaufferie. Tous les incidents de la combustion, manœuvres du registre, trous dans le feu, mauvaise distribution du combustible, obstruction de la grille, durée des décrassages, etc. ayant leur répercussion sur la valeur de la dépression, il en résulte en effet que d'après l'aspect du diagramme, l'ingénieur pourra juger de la façon dont les chauffeurs ont travaillé.

Une discussion suit la Communication, où quelques membres de la Commission signalent les difficultés d'application pratique de l'analyse de gaz dans les stations centrales, et surtout: la difficulté d'utiliser convenablement les indications des appareils automatiques au réglage de l'ensemble de la chaufferie.

M. le Président demande s'il existe des stations étrangères convenablement équipées au point de vue du contrôle de la chauffe; M. Izart répond que la plupart des centrales possèdent un ou deux appareils de contrôle, mais il estime que c'est là un moyen tout à fait insuffisant pour permettre de régler efficacement une importante chaufferie; il reconnaît d'ailleurs que le prix élevé des analyseurs ne permet pas de multiplier ces appareils, et il voit là un nouvel argument en faveur des enregistreurs de dépression.

En réponse à la question de M. le Président, il cite la centrale du Pays de Liége à Sclessin et celle de la Société Anglo-Romana à Rome, où un contrôle régulier et permanent est appliqué, dont les ingénieurs se déclarent très satisfaits.

A la suite de l'exposé de M. Izart, MM. Bizet, Nicolini, Langlade et Della Riccia communiquent à la Commission des chiffres intéressants et des données qu'ils ont acquises dans leurs propres usines. Une grande difficulté d'appréciation résulte de l'extension importante de la production des usines qui fait varier grandement d'une période à l'autre les conditions du travail, et, en raison même du développement des opérations des Sociétés, rend difficile la comparaison des résultats obtenus, grâce à l'emploi des appareils de contrôle de la combustion. Cependant il semble que l'analyse des scories s'impose dans la plupart des cas.

Des renseignements intéressants et plus détaillés pourront être obtenus en se reportant aux travaux de M. Izart publiés dans le numéro du 31 octobre de la *Revue de Mécanique*.

Liste des nouveaux adhérents depuis le 15 décembre 1909.

Membres actifs.

MM.

ORBAN (Charles), Ingénieur en chef, Directeur de la Compagnie d'éclairage électrique du Secteur des Champs-Élysées, 98, boulevard Victor-Hugo, Neuilly-sur-Seine (Seine), présenté par MM. Brachet et Eschwège.

ROBERT (Marie-Bazille-Alfred), Électricien, 12, rue de la Porte-Robert, Cambrai (Nord), présenté par MM. Paul Bizet et Pierre Azaria.

Membre correspondant.

M.

LAURENT (Jean), Chef d'atelier, Sucrerie de Bertaucourt par la Fère (Aisne), présenté par MM. Gauderiau et E. Fontaine.

Usine.

Usine d'Électricité de Beaurevoir (Aisne).

Bibliographie.

1° Collection reliée des Bulletins des années 1896 à 1899 (Tome I).

2° Collection reliée des Bulletins des années 1900 et 1901 (Tome II).

3° Collection reliée des Bulletins des années 1902 et 1903 (Tome III).

4° Collection reliée des Bulletins de l'année 1904 (Tome IV).

5° Collection reliée des Bulletins de l'année 1905 (Tome V).

6° Collection reliée des Bulletins de l'année 1906 (Tome VI).

7° Collection reliée des Bulletins de l'année 1907 (Tome VII).

8° Loi et décrets du 9 avril 1898 sur les accidents du travail.

9° Loi du 22 mars 1902 complétant celle du 9 avril 1898 dont la connaissance doit être donnée aux ouvriers par l'affichage dans les ateliers. Il y a lieu pour les membres adhérents de se pourvoir d'affiches répondant à ces nécessités.

Selon les préférences, le Secrétariat peut remettre aux adhérents soit la loi du 22 mars 1902 isolée, soit la loi du 9 avril 1898 remaniée et mise au point. Cette deuxième affiche est plus chère que la première.

10° Circulaire ministérielle du 19 août 1895 : secours à donner aux personnes foudroyées (*courants continus*).

11° Circulaire ministérielle du 19 août 1895 : secours à donner aux personnes foudroyées (*courants alternatifs*).

12° Études sur l'administration et la comptabilité des usines électriques, par A.-C. Ray.

(*Adresser les commandes à M. le Secrétaire général.*)

Compte rendu bibliographique.

Il sera fait mention de tous les Ouvrages d'intérêt général relatifs aux Associations comme aussi de tous les Livres techniques utiles pour les applications du courant électrique dont on fera parvenir deux exemplaires au Syndicat Professionnel des Usines d'Électricité.

Liste des documents publiés dans le Bulletin à l'intention des membres du Syndicat Professionnel des Usines d'Électricité.

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION.

ACCUMULATEURS.

Sur la formation rapide des plaques positives de l'accumulateur au plomb, par G. JUST, P. ASKENASY et B. MITROFANOFF (*Zeitschrift für Elektrochemie*, t. XV, 15 novembre 1909, p. 872). — Le travail des auteurs est relatif à la formation en présence d'acide nitrique ou de nitrates. Ils rappellent tout d'abord les principaux brevets et les études sur la question. L'étude la plus complète est celle de Jumau (1), qui a montré clairement l'influence des différents facteurs : concentration en acide nitrique et en acide sulfurique, volume de liquide, densité de courant, quantité d'électricité et température.

Les expériences des auteurs complètent ces dernières. Les plaques à former étaient ici des plaques de plomb unies de $2^{mm},7$ d'épaisseur, bien décapées à l'aide d'une brosse en acier. Elles avaient la forme d'un carré de $1^{dm},2$ de côté, soit une surface totale active de $2^{dm^2},88$. La plaque à essayer était montée entre deux négatives à oxyde rapporté bien réduites, de mêmes dimensions, mais de capacité très supérieure à la positive. Les bacs en verre utilisés avaient comme dimensions $4^{cm} \times 14^{cm} \times 19^{cm}$ et renfermaient 1^l de liquide.

Essais préliminaires. — Dans des premiers essais on formait une plaque par la méthode Planté, à la densité de courant de 0,055 à 0,06 ampère par décimètre carré dans l'acide sulfurique de poids spécifique 1,169 à 18° C. (273^g H^2SO^4 par litre). Les charges étaient poussées jusqu'à faible dégagement gazeux (2,36 volts aux bornes) et les décharges, jusqu'à la tension 1,76 volt aux bornes. Entre les décharges et les charges, on ménageait des intervalles de repos. Après 17 charges on obtenait une capacité correspondante à 0,06 ampère-heure par décimètre carré au régime d'une heure, soit environ le dixième de la capacité pratique. Cette capacité n'augmentait plus que très lentement pendant les charges suivantes. Le rendement total en quantité atteignait environ 50 pour 100.

La plaque était ensuite formée dans le même acide renfermant 5^g de nitrate de potassium par litre et l'on poursuivait les charges et décharges dans les mêmes conditions; mais après chaque charge, la positive était soigneusement lavée à l'eau distillée et ensuite à l'acide étendu et déchargée entre deux négatives particulières dans l'acide pur. Pendant 7 opérations (charges et décharges successives), on constatait que la capacité montait lentement (5 à 6 pour 100 d'une décharge à la suivante), le rendement moyen en quantité étant de 56,8 pour 100. La capacité finale obtenue dans ces conditions était encore éloignée de la capacité pratique. Elle n'était en effet que de 0,251 ampère-heure, soit 0,084 ampère-heure par décimètre carré (au lieu de 0,6 environ en pratique). Après ces 7 charges et décharges, la quantité de nitrate était égale à 50,7 pour 100 du nitrate préalablement dissous.

Pour déterminer si la plaque avait atteint une capacité constante, on continuait les charges et décharges à 0,055 ampère par décimètre carré dans l'acide pur de poids spécifique 1,169 avec un rendement moyen de 0,559 en ampères-heure. Après la première charge, la capacité augmentait encore un peu (de 0,251 à 0,266 ampère-heure), puis elle restait sensiblement constante pendant les 5 charges et décharges suivantes. L'augmentation de capacité pendant la première charge est due à deux causes : présence d'une petite quantité de nitrate restant encore dans les pores de la matière active et transformation en peroxyde d'une petite quantité de matière existant à l'état de sulfate.

Une nouvelle série de 12 charges et décharges au même régime et dans l'acide de poids spécifique 1,169 renfermant $2^g,5$ de nitrate de potassium par litre faisait monter la capacité de 0,266 à 0,320 ampère-heure, le rendement moyen en quantité étant 0,599. En même temps, la matière active prenait une couleur brun clair.

On chargeait enfin dans l'acide pur de poids spécifique 1,169 jusqu'à obtention d'une capacité constante et d'une couleur noire de la matière active. De la première à la neuvième décharge à 0,055 ampère par décimètre carré, la capacité montait de 0,343 à 0,509 ampère-heure. Dix charges et décharges suivantes à 0,11 ampère par décimètre carré faisaient passer la capacité de 0,459 à 0,670 ampère-heure, cette dernière valeur correspondant à 0,23 ampère-heure par décimètre carré. L'augmentation de capacité dans l'acide doit tenir à ce fait que la couche de matière devenue plus épaisse retient davantage de nitrate qui disparaît ensuite plus lentement.

Ces essais préliminaires montrent qu'en chargeant et déchargeant une plaque de plomb alternativement dans un acide renfermant du nitrate et dans un acide pur, on obtient dans l'acide pur une capacité constante après quelque temps, tandis que dans l'acide renfermant du nitrate la capacité croît continuellement. Dans ce dernier cas, la couleur de la matière active reste claire et la courbe de décharge est toujours un peu inférieure à celle qui correspond au peroxyde pur. Le nitrate agit à la charge en transformant le plomb métallique en sulfate et partiellement seulement en peroxyde.

Influence de la concentration du nitrate. — On montait en tension six éléments renfermant chacun une plaque semblable à celle des essais précédents, montée entre deux autres plaques de plomb servant de négatives, les décharges se faisant à l'aide d'un courant auxiliaire. La charge de formation dans le liquide renfermant du nitrate se faisait à 0,035 ampère par déci-

(1) *Les accumulateurs électriques*, 2e édition, 1907.

mètre carré. Les charges et décharges effectuées ensuite dans l'acide pur avaient lieu à 0,35 ampère par décimètre carré. Le Tableau suivant résume les résultats obtenus :

PLAQUES.	ÉLECTROLYTE.				FORMATION.	PREMIÈRE CHARGE en ampères-heure.	PREMIÈRE DÉCHARGE en ampères-heure.	DEUXIÈME CHARGE en ampères-heure.	DEUXIÈME DÉCHARGE en ampères-heure.
	H^2SO^4 en grammes par litre.	$KAzO^3$ en grammes par litre.	$HAzO^3$ correspondant en grammes par litre.	RAPPORT $\frac{H^2SO^4}{HAzO^3}$.	CHARGE en ampères-heure.				
A I	54	30	18,7	2,9	8,0	8,0	2,1	8,0	0,5
A II	109	30	18,7	5,8	8,0	8,0	1,7	8,0	1,0
A III	164	30	18,7	8,8	8,0	8,0	1,8	8,0	0,75
A IV	218	30	18,7	11,6	8,0	8,0	2,5	8,0	1,4
A V	273	30	18,7	14,6	8,0	8,0	2,4	8,0	1,6
A VI	273	20	12,4	22,0	8,0	8,0	2,2	8,0	0,3

Après formation, A I était recouverte d'une enveloppe blanche de laquelle tombaient des filaments blancs jusqu'au fond du bac. A II était également recouverte d'un dépôt blanc, mais les parties qui s'en détachaient pendant la formation étaient plus compactes. A III était brun clair avec des parties blanches. A IV était régulièrement brun clair. A V était brune et A VI brun noir. Le dépôt dans ces deux derniers éléments était négligeable; il y en avait un peu plus dans A III et A IV. Plus le rapport $\frac{H^2SO^4}{HAzO^3}$ est faible, plus le plomb s'attaque facilement et plus la matière est blanche et molle. On voit que, de la première à la deuxième décharge, les trois premières plaques ont fortement diminué de capacité; les plaques A IV et A V ont peu diminué.

En pratique, il faut donc choisir une teneur suffisante en acide nitrique pour que le plomb soit suffisamment attaqué; mais il faut éviter de dépasser une concentration au delà de laquelle la matière formée n'a pas les qualités mécaniques nécessaires et se détache.

Dans d'autres essais résumés dans le Tableau suivant, on faisait varier dans de plus grandes limites le rapport des concentrations et aussi la densité du courant de formation.

PLAQUES.	ÉLECTROLYTE.			FORMATION.		CHARGES EN AMPÈRES-HEURE.				DÉCHARGES EN AMPÈRES-HEURE.			
	H^2SO^4 en gr. par litre.	$HAzO^3$ correspondant à $KAzO^3$ en gr. par litre.	RAPPORT $\frac{H^2SO^4}{HAzO^3}$.	DENSITÉ de courant en ampères par dm².	AMPÈRES-HEURE chargés.	I.	II.	III.	IV.	I.	II.	III.	IV.
B I	54	18,7	2,9	0,087	15	10	8,5	7	»	1,45	1,40	2,0	»
B II	218	18,7	11,6	0,087	15	10	8,5	7	»	1,66	1,33	0,5	»
B III	273	12,4	22,0	0,087	15	10	8,5	7	»	1,35	0,50	0,4	»
B IV	273	6,2	43,8	0,087	15	10	8,5	7	»	0,8	0,6	0,25	»
C I	54	18,7	2,9	0,174	15	8	9	8,5	8	0,9	2,3	1,1	0,9
C II	218	18,7	11,6	0,174	15	8	9	8,5	8	1,25	2,3	1,0	0,9
C III	273	12,4	22,0	0,174	15	8	9	8,5	8	0,6	0,5	0,4	0,3
C IV	273	6,2	43,8	0,174	15	8	9	8,5	8	1,35	1,1	0,75	0,6
D I	54	18,7	2,9	0,35	13	11	8,5	8,5	»	1,66	1,33	1,0	»
D II	218	18,7	11,6	0,35	13	11	8,5	8,5	»	2,05	1,33	1,1	»
D III	273	12,4	22,0	0,35	13	11	8,5	8,5	»	3,76	0,06	0,3	»
D IV	273	6,2	43,8	0,35	13	11	8,5	8,5	»	1,98	1,23	0,8	»
E I	54	18,7	2,9	0,53	15	8,5	4,2	8	»	0,32	0,85	0,7	»
E II	218	18,7	11,6	0,53	15	8,5	4,2	8	»	2,2	2,1	1,7	»
E III	273	12,4	22,0	0,53	15	8,5	4,2	8	»	1,87	0,6	0,3	»
E IV	273	6,2	43,8	0,53	15	8,5	4,2	8	»	1,58	1,0	6,0	»

Ces recherches indiquent des résultats comparables aux recherches A. La densité de courant pendant la formation ne paraît pas avoir une très grande influence. Mais tous ces essais, en vue de rechercher la meilleure concentration en nitrate, ne sont pas suffisamment concluants, parce que la matière active obtenue s'écaille et se détache même pendant la formation.

Recherches en vue d'éviter l'écaillage de la matière active. — Afin de déterminer si l'écaillage ne provient pas de la structure du plomb laminé, des essais comparatifs furent faits avec deux plaques semblables, l'une en plomb laminé, l'autre en plomb coulé. L'électrolyte renfermait 218g H^2SO^4 par litre, 18g,7 $HAzO^3$ par litre, soit un rapport $\frac{H^2SO^4}{HAzO^3} = 11,6$. On chargeait, pour la formation, 15 ampères-heure à la densité de courant 0,174 ampère par décimètre carré. Les quatre premières décharges donnaient respectivement 1,25, 2,3, 1,0 et 0,9 ampère-heure pour la plaque laminée et 1,66, 3,6, 2,9 et 1,0 ampère-heure pour la plaque coulée. Cette dernière donne une capacité supérieure aux trois premières décharges; mais, à la quatrième, la capacité est sensiblement la même, l'écaillage se produisant aussi bien sur le plomb coulé que sur le plomb laminé.

Cette chute de la matière active ne provenait pas non plus de la présence de traces de nitrate restant dans la couche, puisqu'elle se produisait encore en réduisant d'abord le peroxyde formé en plomb spongieux et pendant cette opération même.

Pour rechercher l'influence de la température, les auteurs formèrent deux plaques semblables, l'une à la température de 4°C., l'autre à 70°C. L'électrolyte renfermait par litre 218g H^2SO^4 et 30g $KAzO^3$. On chargeait 5,4 ampères-heure à la densité de courant de 0,28 ampère par décimètre carré. Aux deux premières décharges, la plaque formée à froid donnait respectivement 1,23 et 0,97 ampère-heure, et celle formée à chaud, 0,96 et 0,63 ampère-heure. Ces résultats s'accordent très bien avec les observations de Jumau et les basses températures permettent d'obtenir de plus grandes capacités. Mais on n'évite pas encore ainsi la chute de la couche active.

Les auteurs en arrivent à cette conclusion qu'avec des plaques lisses, la formation au nitrate est incapable de donner une couche épaisse de matière active adhérente; pour avoir l'adhérence suffisante, il ne faut pas dépasser une certaine épaisseur relativement faible.

Recherches avec des plaques à grande surface. — Les plaques essayées étaient de l'Akkumulatoren-Fabrik A. G. et de l'Akkumulatoren und Electricitäts-Werke. Elles avaient 172mm de hauteur, 168mm de largeur et 11mm d'épaisseur. La surface apparente était de 5dm²,78 et la surface totale active réelle 47dm²,1. Le poids était de 2kg,5.

Dans une première série de recherches, une plaque à grande surface était montée entre deux cathodes constituées par des lames de plomb de 172mm de hauteur et 168mm de largeur. Les plaques étaient écartées de 15mm et le bac avait une contenance d'environ 4l,5. Comme liquide de formation, on prenait celui qui s'était montré le plus avantageux dans les précédents essais, soit celui renfermant par litre 218g H^2SO^4 et 30g $KAzO^3$. On chargeait pendant 4,25 heures à 3,3 ampères, puis pendant 15 heures à 1,1 ampère, soit en tout 30,5 ampères-heure. La plaque était ensuite lavée à l'eau distillée et à l'acide, puis chargée et déchargée dans de l'acide pur. La capacité, égale à 4,4 ampères-heure à la première décharge, monte à 24,5 ampères-heure à la douzième, l'intensité étant de 3 ampères. Contrairement à ce qui se passe avec les plaques lisses, la capacité croît avec les plaques à grande surface, la matière ne se détachant pas comme dans le premier cas. L'accroissement est dû à ce que, après la formation, la couche active renferme encore beaucoup de sulfate à côté du peroxyde et aussi à la présence d'un peu de nitrate restant dans la matière malgré le lavage.

Une autre plaque formée dans les mêmes conditions, mais ayant reçu 50 ampères-heure, était ensuite entièrement réduite en plomb spongieux dans l'acide sulfurique à 5 pour 100. Aux charges suivantes, la plaque n'a plus trace de sulfate et sa capacité est très élevée (17,85 ampères-heure à la première décharge et 28,6 ampères-heure à la troisième décharge, au régime de 5 ampères).

La troisième série d'essais était effectuée sur 8 plaques que l'on formait dans des liquides différents. Ces plaques avaient 195mm de hauteur, 153mm de largeur et 10mm de hauteur. Leur surface totale active était de 33dm²,5 et leur poids 2kg. Les lames de plomb servant de négatives avaient les mêmes dimensions en surface. Les bacs contenaient 3l,3 d'électrolyte. Pour la formation, on chargeait sans interruption 42 heures à 1,2 ampère.

Le Tableau suivant indique la composition des électrolytes :

PLAQUES.	ÉLECTROLYTE.		
	H^2SO^4 en grammes par litre.	$KAzO^3$ en grammes par litre.	RAPPORT $\frac{H^2SO^4}{HAzO^3}$.
I	56	30	3
II	112	30	6
III	168	30	9
IV	224	30	12
V	280	30	15
VI	280	20	22,5
VII	280	15	30
VIII	280	10	45

Après 1,5 heure de formation, la plaque I était déjà recouverte d'une couche blanche volumineuse. Celle-ci s'épaississait de plus en plus et laissait tomber des filaments blancs jusqu'au fond du bac. En même temps un dépôt blanc volumineux se produisait au fond du bac. La tension aux bornes était de 0,3 volt au début; elle montait lentement à 1 volt, puis, vers la fin, rapidement à 2 volts.

La plaque II se recouvrait aussi d'une couche blanche qui devenait de plus en plus épaisse; mais sous cette couche blanche en existait une grise. Il y avait également beaucoup de dépôt. Comme dans le premier élément, le dégagement gazeux était faible à la positive comme aux négatives. La tension montait à 0,5 volt pendant la formation et atteignait 2 volts vers la fin.

Dans les éléments III à VIII, on remarquait un dégagement gazeux à la fin de la formation, encore faible sur III, mais allant en augmentant jusqu'à VIII. La positive III était grise, IV brun clair; les autres étaient brunes, mais de plus en plus foncées, VIII étant noir brun. Le dépôt était brun, plus abondant dans III et IV, et plus faible dans VII et VIII. Dans ces éléments III à VIII, la tension montait rapidement à 2,1 volts, puis restait constante.

Après formation, les plaques étaient lavées quatre fois à l'eau acidulée sulfurique pure pendant que le courant continuait à passer. Après interruption du courant, on lavait encore soigneusement, puis on réduisait électrolytiquement les plaques dans l'acide sulfurique à 5 pour 100. On chargeait ainsi 58 heures à 1,3 ampère. A ce moment les plaques I et II avaient encore une couche blanche en de nombreux points, I particulièrement. Beaucoup de sulfate était tombé au fond du bac de ces deux éléments. Les plaques III à VIII étant complètement réduites, on interrompait le courant. On lavait les plaques, puis on leur faisait subir une série de charges et de décharges dans l'eau acidulée pure.

Les trois premières décharges étaient effectuées à 4 ampères, les cinq suivantes à 9 ampères, la neuvième à 7 ampères et les autres à 5 ampères.

La capacité initiale de la plaque I est assez faible, à cause de la grande quantité de matière tombée. La quantité relative de nitrate diminuant, la capacité croît jusqu'à un maximum atteint par la plaque IV, puis diminue jusqu'à une valeur faible (9,5 ampères-heure pour la plaque VIII).

Dans la suite, la plaque I baisse continuellement de capacité en même temps qu'elle laisse tomber sa matière active. Cette chute de matière va en diminuant avec les autres plaques et est minimum avec la plaque V.

La figure 1 montre la variation de capacité en fonction du nombre de décharges pour les 16 décharges effectuées ici. Les poids de dépôt pendant ces 16 décharges et charges sont donnés par le Tableau suivant :

Plaque.....	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.
Dépôt en gr.	168,3	150,5	90,0	76,2	65,5	53,0	37,4	11,7

On voit que la chute de matière est d'autant plus élevée qu'on a formé avec une concentration relative de nitrate plus grande. Après les 16 décharges, c'est la plaque V qui a la plus grande capacité. La formation la plus favorable est donc celle produite dans un électrolyte renfermant par litre 280^g H^2SO^4 et 30^g $KAzO^3$.

La capacité pratique des plaques à grande surface étant 0,6 ampère-heure par décimètre carré, on devrait avoir ici 20,1 ampères-heure. La capacité obtenue avec les plaques IV et V est seulement un peu inférieure à cette valeur.

D'ailleurs, en pratique, ce n'est qu'après une centaine de décharges que l'on compte avoir la capacité pour une plaque susceptible de durer 1500 décharges.

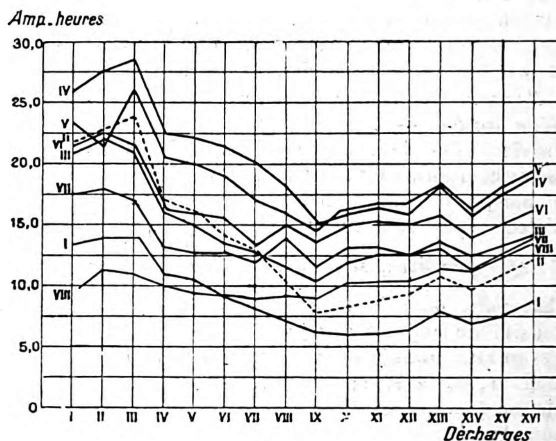


Fig. 1.

Aussi vaut-il mieux adopter pour la formation une concentration moindre en nitrate pour avoir une plus longue durée.

Partie théorique. — Si l'on forme en positive une plaque de plomb dans une solution d'un sel dont l'anion forme un sel soluble avec le plomb, ce dernier entre en solution sous la forme d'ions bivalents. En ajoutant à l'électrolyte un deuxième sel dont l'anion forme avec les ions de plomb un sel insoluble, le résultat dépend des concentrations respectives de ces deux sels. Si le deuxième sel est en faible quantité, l'action de dissolution du premier n'est pas influencée. Les anions qui forment le sel insoluble rencontrent les ions de plomb à une certaine distance de l'anode, et le sel insoluble précipite en pluie et tombe au fond du bac. La couche est d'autant plus rapprochée de l'anode que la concentration en anions formant un sel soluble est moindre. A partir d'une certaine concentration, la précipitation du sel insoluble ne se fait plus en dehors, mais sur la plaque même, et la couche insoluble produite se tranforme en peroxyde. On comprend ainsi tous les phénomènes constatés dans les expériences précédentes relatives à la formation au nitrate. T. P.

Procédé de fabrication de matière active mélangée de fils de verre et destinée aux électrodes d'accumulateurs. BERLINER AKKUMULATOREN-WERKE (Brevet allemand 206715 du 10 octobre 1906). — Avant leur mélange avec la matière active, les fils de verre sont transformés en une sorte d'émulsion dans l'acide sulfurique.

Dans ces conditions, pendant le mélange avec la matière active, chaque particule de celle-ci s'humecte de telle manière que les fils de verre restent entiers et ne sont pas pulvérisés comme il arriverait sans ce traitement. Ainsi incorporés dans la matière, ces fils de verre en assurent la solidité. T. P.

MACHINES MOTRICES.

Les moteurs à explosion et l'injection de liquides volatils, par K. SCHREBER, professeur à l'Université de Greifswald (*Revue générale des Sciences*, t. XVII, 30 août 1906, p. 734-746). — Dans cette étude l'auteur s'attache à montrer que l'on n'a pas su, jusqu'ici, tirer tout le parti possible de l'injection de l'eau dans le cylindre du moteur à explosion, et qu'il est possible d'imaginer un moteur à liquide à deux temps, de très grand rendement thermique, en faisant cette injection pendant la compression ; cette étude est divisée en trois parties que nous analyserons successivement.

I. AVANTAGES ET DÉSAVANTAGES DE L'INJECTION DE L'EAU. — Lorsque les premiers moteurs Lenoir firent leur apparition dans l'industrie, on y injectait, à chaque changement de course du piston, un mince filet d'eau dans le triple but d'abaisser la température, d'assurer la lubrification et d'augmenter la pression du mélange gazeux, la force élastique de la vapeur formée venant s'ajouter à celle des gaz de la combustion. L'auteur fait remarquer que le premier but est certainement atteint, mais qu'on n'en voit nullement l'utilité, car, « pour que le cylindre ne s'échauffe pas, il serait plus rationnel de n'y pas produire de combustion » ; en d'autres termes, le désir de refroidir intérieurement le cylindre est en contradiction complète avec le principe des moteurs à gaz. Quant au second but il n'est certainement pas atteint, car, si la vapeur d'eau avait les propriétés lubrifiantes qu'on lui suppose ici, il serait inutile de graisser les cylindres des moteurs à vapeur d'eau. Seule l'augmentation de la pression du mélange par l'injection d'eau peut être, de prime abord, considérée comme possible et constituant un réel avantage ; mais un calcul simple montre qu'il n'en est rien (1).

On arrive donc à cette conclusion que l'injection de l'eau dans le cylindre d'un moteur à gaz est toujours nuisible. Et cependant l'on sait par la pratique que le moteur Banki doit sa supériorité sur les autres moteurs à benzine précisément à l'injection de l'eau. Il semble donc y avoir contradiction entre les conséquences de la théorie et les résultats de l'expérience. Nécessairement cette contradiction ne peut être qu'apparente. Voici comment l'auteur l'explique :

« La théorie et la pratique sont d'accord sur une seule amélioration réellement pratique à apporter au moteur à explosion ; elle consiste à comprimer les gaz le plus fortement possible. Mais, si le refroidissement des parois ne se fait pas avec la promptitude nécessaire, la chaleur qui y reste s'ajoute à celle que produit la compression, de telle sorte que, les gaz se trouvant à une température plus élevée que celle qui correspond à leur compression, il peut se produire finalement une inflammation prématurée des gaz. Il ne faut donc poursuivre la compression que tant que la température du mélange reste inférieure à celle qui correspond à son point d'inflammation spontanée.

» C'est ici que l'injection de l'eau montre son utilité, en rendant inoffensive la chaleur de compression. Banki est le seul, parmi les constructeurs de moteurs à injection, qui ait envisagé l'injection de l'eau de cette manière et c'est pourquoi son moteur est le seul, parmi tant de similaires, qui ait donné de bons résultats. »

---

(1) En effet, soient, à la fin de la période d'explosion, p, v, n et T la pression, le volume, le nombre de molécules et la température absolue ; on a, entre ces quantités, la relation

$$pv = n\mathrm{BT}, \tag{1}$$

B étant une constante, la même pour les gaz et pour les vapeurs surchauffées et par conséquent indépendante de la nature des composants qui constituent le mélange. Mais, si l'on évapore, dans le même moteur, à un certain moment, par exemple pendant l'explosion, une molécule d'eau, on a alors, à la fin de l'explosion, une pression et une température différentes, tandis que le nombre des molécules a augmenté d'une unité ; la relation (1) devient alors

$$p'v = (n+1)\mathrm{BT}'. \tag{2}$$

Entre T et T′ il existe une relation simple, qui dépend de la chaleur de formation de la vapeur d'eau et des chaleurs spécifiques à volume constant relatives à une molécule du mélange gazeux et de la vapeur d'eau surchauffée : c_v et c'_v. Cette relation est : que la quantité de chaleur nécessaire à la vaporisation et à la surchauffe d'une molécule d'eau est empruntée au mélange gazeux ; nous avons donc

$$nc_v(\mathrm{T}-\mathrm{T}') = \lambda + c'_v(\mathrm{T}'-\mathrm{T}_s), \tag{3}$$

où T_s est la température d'ébullition à la pression correspondante.

Tirant la valeur de T′ de l'équation (3) et divisant l'égalité (2) par l'égalité (1), il vient

$$\frac{p'}{p} = \frac{n+1}{n}\left[1 - \frac{\lambda + c'_v(\mathrm{T}-\mathrm{T}_s)}{nc_v + c'_v}\right]. \tag{4}$$

En prenant $c_v = 4{,}938 + 0{,}001474\mathrm{T}$, 2000° pour la température absolue T de l'explosion, $177 + 273 = 450°$ pour la température d'ébullition T_s, 11900 pour la valeur correspondante de λ et $c'_v = 6{,}240 + 0{,}00120\mathrm{T}$, on obtient

$$\frac{p'}{p} = \left(1 + \frac{1}{n}\right)\left(1 - \frac{25300}{15722n + 17280}\right),$$

ou, approximativement,

$$\frac{p'}{p} = \left(1 + \frac{1}{n}\right)\left(1 - \frac{34}{21n+23}\right) = \frac{21n^2 + 10n - 11}{(21n+23)n}. \tag{5}$$

n étant un nombre positif, on a $p' < p$, c'est-à-dire que, loin d'augmenter par l'injection de l'eau, la pression finale diminue au contraire. En d'autres termes : la chaleur empruntée au mélange gazeux pour la vaporisation de l'eau et la surchauffe de la vapeur formée, vu la valeur élevée de la chaleur de vaporisation de l'eau et de la chaleur moléculaire de sa vapeur, diminue la pression finale du mélange gazeux d'une quantité plus grande que celle qui s'y ajoute par suite de la formation de cette vapeur.

On arriverait d'ailleurs à la même conclusion en partant de considérations sur l'entropie. L'injection et la vaporisation de l'eau dans un mélange gazeux chaud constituent une opération non réversible, qui conduit à une augmentation de l'entropie totale du système. Or, une opération où il entre des transformations non réversibles, comparativement à celles où ces dernières n'existent pas, conduit à une diminution du travail produit égale au produit de l'augmentation de l'entropie par la température la plus basse qui existe dans ladite transformation.

Mais, suivant l'auteur, Banki n'a pas tiré tout le parti possible de cette idée théorique. On peut aller plus loin.

La relation (5) de la Note peut, en effet, se mettre sous la forme,

$$\frac{p'}{p} = 1 - \frac{1}{n} + \frac{1}{2,625n + 2,875} + \frac{1}{n(1,75n + 1,9)},$$

et comme les deux derniers termes sont négligeables par rapport au second, n étant toujours plus grand que 1, elle montre que le rapport des pressions se rapprochera d'autant plus de l'unité que n sera plus grand : il faut donc injecter le moins possible d'eau. Or, ce n'est pas le cas du moteur Banki. Dans ce moteur, les gouttelettes d'eau aspirées en même temps que l'air dans le cylindre restent pour la plupart sur les parois du cylindre; elles ne refroidissent donc pas le mélange gazeux pendant la compression. Elles ne se vaporisent que pendant la période d'explosion, par suite du contact avec les gaz chauds et avec les parois du cylindre qui se sont aussi échauffées en absorbant une partie de la chaleur produite par l'explosion. Mais alors il y a abaissement de la pression à la fin de l'explosion; seules, les gouttelettes d'eau qui, pendant l'aspiration, se trouvaient en suspension dans l'air ont agi efficacement pendant la compression : leur évaporation absorbe de la chaleur et détermine un refroidissement.

Il résulte de ces considérations que l'injection doit être non seulement aussi faible que possible, mais être produite uniquement pendant la compression et à une température aussi basse que possible. Toutefois, pour que la vaporisation ait lieu, il faut que cette température soit au moins égale à celle de l'ébullition du liquide injecté sous la pression du mélange. En outre, la condition de limiter la quantité injectée à sa plus faible valeur entraîne celle-ci : cesser l'injection quand l'abaissement de la température qu'elle a réalisé est suffisant pour qu'on n'ait plus à craindre une inflammation spontanée pendant le reste de la compression. La période de compression doit donc, dès lors, être divisée en trois phases : d'abord compression (comme d'habitude adiabatique-isentropique) sans injection, puis compression avec injection, enfin compression (encore adiabatique-isentropique) sans injection. La durée de la première phase dépend de la nature du liquide injecté, de la vitesse de rotation et, pour un moteur donné, est déterminée une fois pour toutes. Au contraire, la durée de la deuxième phase dépend de la nature du mélange explosif. Les mélanges pauvres, qui brûlent et s'enflamment difficilement, peuvent être comprimés jusqu'à une température plus élevée que les mélanges riches, plus facilement inflammables : la durée de la deuxième phase, relativement à celle de la troisième, sera donc plus courte dans le cas des mélanges pauvres que dans le cas des mélanges riches.

Dans les moteurs dont le mélange explosif est formé par de l'air et la vapeur d'un liquide combustible, il est évident que l'on peut employer le combustible lui-même comme liquide refroidisseur. Par suite, on peut supprimer les appareils, tels que carburateurs, ordinairement nécessaires à la vaporisation du liquide, et ainsi réaliser une simplification de la combustion. On peut même simplifier le mode de fonctionnement : substituer le fonctionnement à deux temps à celui à quatre temps.

Le principal inconvénient des moteurs à deux temps est, en effet, que le mélange déjà préparé, et qui est chassé par une pompe dans l'intérieur du cylindre pendant que l'ouverture d'échappement est encore ouverte, est en partie perdu malgré les ingénieux dispositifs imaginés pour réduire cette perte. Or, si le liquide actif n'est introduit que pendant la compression, une semblable perte n'est plus à craindre. En outre, rien n'empêche alors d'utiliser la pompe pour injecter dans le cylindre, pendant l'échappement, une quantité d'air assez grande pour bien chasser les gaz brûlés; il suffirait que la pompe fût un peu plus grande qu'à l'ordinaire, ce qui n'est pas un inconvénient grave, très largement compensé d'ailleurs par l'avantage de n'avoir dans le cylindre que de l'air pur et frais au début de la compression.

Toutefois, si la réalisation du moteur à deux temps est facilitée, pour les moteurs à liquides, par l'injection du combustible lui-même comme liquide refroidissant, ce combustible doit, en pratique, satisfaire à certaines conditions que tous ne réalisent pas. Il faut, en effet, que ce combustible ait une chaleur latente de vaporisation suffisamment grande pour que la chaleur développée par la compression soit absorbée. Or, tel n'est pas le cas des produits de la distillation du pétrole, et même de la plupart des liquides utilisés par l'alimentation des moteurs à mélange explosif. A la vérité on pourrait, néanmoins, arriver avec ces liquides à un refroidissement suffisant en injectant, non seulement le liquide combustible, mais encore de l'eau, dont la chaleur de vaporisation est considérable; mais ce procédé exigerait que la phase d'injection fût elle-même divisée en deux parties : injection du liquide (combustible ou eau) le plus volatil, puis injection de l'autre ou des deux simultanément. De là une complication inacceptable.

Mais cette complication disparaît si le liquide combustible est miscible avec l'eau, puisque alors on peut injecter, pour servir de refroidisseur et de combustible, un mélange bien homogène d'eau et du liquide. Bien entendu, il sera toujours avantageux de choisir comme combustible un liquide possédant par lui-même une chaleur de vaporisation aussi élevée que possible. Or ce liquide existe : c'est l'alcool.

L'auteur arrive donc ainsi à cette conclusion : que le meilleur moteur à deux temps doit être un moteur à alcool. Voici comment il conçoit son fonctionnement :

« Le piston se trouvant au point mort du côté de l'arbre moteur, les gaz brûlés sont presque entièrement expulsés par suite de la pression des gaz à la fin de la détente, pression supérieure à la pression atmosphérique. Le restant du gaz sera chassé par l'air frais amené dans le cylindre par une pompe spéciale, de telle sorte qu'au sortir du piston il ne reste dans le cylindre que de l'air pur. Par la compression cet air s'échauffe. Quand la température de compression atteint une valeur supérieure à la température de vaporisation de l'alcool à la pression correspondante (la différence est déterminée par la condition que, pendant toute la durée

d'injection, la température qui règne à l'intérieur du cylindre demeure supérieure à la température d'ébullition du mélange à la pression correspondante), on commence à injecter de l'alcool, dont la quantité est réglée par un régulateur. On continue ensuite par la compression sans injection. On enflamme ensuite le mélange par un moyen approprié, et le cycle d'opération se poursuit comme d'habitude. »

II. RECHERCHES THERMODYNAMIQUES SUR UN MOTEUR A EXPLOSION AVEC INJECTION D'UN LIQUIDE REFROIDISSEUR AU MILIEU DE LA PÉRIODE DE COMPRESSION. — Dans cette partie de son Mémoire l'auteur calcule les valeurs de la pression p, de l'entropie S, de la température absolue T, et enfin du nombre n de molécules en fonction du volume v, occupé par les gaz pour un moteur à deux temps avec injection d'alcool pendant la compression.

Nous renvoyons au Mémoire original le lecteur désireux de suivre ces calculs, nécessairement assez longs, et nous nous bornons à reproduire en figures 1 et 2 les diagrammes qui ont été tracés au moyen des résultats de ces calculs, le premier donnant la variation de la pression en fonction du volume v, le second la variation de l'entropie S en fonction de la température absolue.

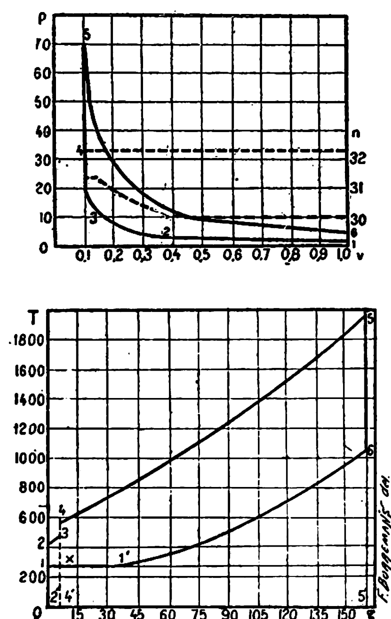


Fig. 1 et 2. — Diagramme pression-volume et diagramme entropique d'un moteur à alcool Schreber à deux temps avec injection d'alcool pendant la compression.

Dans ces diagrammes, les points 1, 2, 3, ... désignent respectivement : 1, le commencement de la compression; 2, le commencement de l'injection; 3, l'instant où l'on cesse l'injection, la compression continuant; 4, l'instant de l'explosion, laquelle est supposée instantanée; enfin, 5 et 6, les commencements de la détente et de l'échappement. Sur le diagramme pression-volume a été indiqué le nombre n de molécules-grammes contenues dans le cylindre; ce nombre est 30 au début de la compression et passe à 31,373 à la fin de l'injection ([1]), puis à 32,373 au moment de l'explosion ([2]).

Ces diagrammes permettent de calculer le rendement du cycle. Si l'on prend le diagramme entropique, ce rendement est donné par le rapport des surfaces exprimant la chaleur transformée en travail et la chaleur totale. La chaleur dégagée par la réaction chimique est donnée par l'aire $4561'x$, mais le travail qui en résulte n'est pas intégralement fourni à l'arbre moteur, car une partie de ce travail est dépensée pendant la compression. Généralement, on admet que la compression est une opération réversible, et que le travail qu'on y dépense est retrouvé intégralement pendant l'expansion. Dans les moteurs à injection pendant la compression, une partie de cette compression est nécessairement irréversible; il y a donc une perte définitive de chaleur, laquelle est représentée par la différence des aires $234'2'$ et $23x1$, la chaleur correspondant à cette dernière aire étant transformée en travail, qui s'ajoute à celui produit par la réaction chimique. Si l'on tient compte de cette perte de chaleur, le rendement se trouve donné par

$$\rho = \frac{\text{aire } 4561'x - (\text{aire } 234'2' - \text{aire } 23x1)}{\text{aire } 455'4}$$
$$= \frac{\text{aire } 1234561'1 - \text{aire } 234'2'}{\text{aire } 455'4}.$$

Toutefois, l'aire $234'2'$ étant très petite, comme le montre le diagramme, on peut, sans changer notablement ρ, ajouter cette aire aux deux termes de la fraction, et l'on obtiendra alors

$$\rho' = \frac{\text{aire } 1234561'1}{\text{aire } 123455'2'1},$$

c'est-à-dire l'expression ordinaire de la valeur du rendement. Si l'on fait le calcul, on trouve

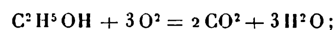
$$\rho = 0{,}532 \qquad \text{et} \qquad \rho' = 0{,}539,$$

nombres dont la différence est de l'ordre des erreurs pratiquement admissible.

III. LE MOTEUR BANKI. — Dans cette partie, l'auteur détermine le diagramme entropique du moteur Banki en suivant la même marche de calcul que celle suivie dans la partie précédente. Mais, pour faire ces calculs, il suppose que la benzine utilisée dans ce moteur est remplacée par de l'alcool en quantité telle, que la chaleur dégagée par la combustion de cet alcool est égale à celle de la combustion de la benzine réellement em-

(1) L'auteur suppose que l'alcool injecté est celui qu'on se procure le plus facilement dans le commerce et dont la densité est 0,83. Cet alcool contient, pour 1 molécule d'alcool pur, 0,373 molécule d'eau mélangée; de là la valeur 1,373 adoptée pour l'augmentation du nombre de molécules pendant l'injection.

(2) La combustion d'une molécule d'alcool exige en effet 3 molécules d'oxygène et donne 5 molécules de gaz carbonique et de vapeur d'eau :



$$C^2H^5OH + 3O^2 = 2CO^2 + 3H^2O;$$

il y a donc augmentation de 1 molécule dans le mélange gazeux quand une molécule d'alcool est brûlée.

ployée. Le diagramme ainsi déterminé est représenté par le cycle 1234571, sur la figure 3, où est également représenté, à titre de comparaison, le cycle 1234561 du diagramme de la figure 2, relatif au moteur à alcool,

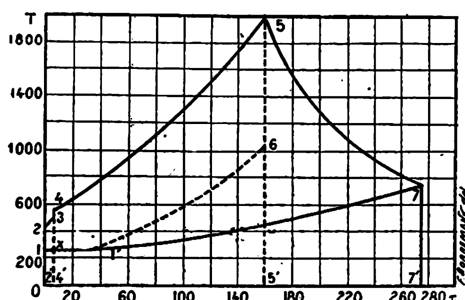


Fig. 3. — Diagrammes entropiques du moteur Banki et du moteur Schreber superposés.

tel que le conçoit l'auteur. Ce diagramme du moteur Banki donne, pour le rendement,

$$\rho = \frac{\text{aire } 1234571'1 - \text{aire } 234'2' - \text{aire } 577'5'}{\text{aire } 455'4'},$$

et le planimétrage conduit à la valeur

$$\rho = 0,329.$$

Ce rendement est inférieur à celui du moteur à deux temps fonctionnant suivant les idées de l'auteur. L'examen des calculs qui ont conduit au tracé du diagramme entropique montre que, ainsi que l'auteur le disait dans la première partie de son Mémoire, cette diminution du rendement est due principalement à l'injection d'une trop grande quantité d'eau. Dans le moteur Banki, le rapport du nombre de molécules d'eau au nombre de molécules de benzine est en effet de 4,86 d'après les essais de Jonas, ce qui conduit à $8^{mol},290$ d'eau pour 1^{mol} d'alcool (dans l'hypothèse où la benzine est remplacée par une quantité d'alcool équivalente au point de vue calorifique), tandis que dans le moteur préconisé par l'auteur, il ne faut que $0^{mol},373$ d'eau par molécule d'alcool.

Quant aux raisons pour lesquelles le moteur Banki n'a pu fonctionner convenablement qu'avec la benzine, l'auteur les résume comme il suit :

« Les considérations théoriques précédentes montrent encore pourquoi Banki a toujours échoué en employant le pétrole et les combustibles analogues, et n'a réussi qu'avec la benzine. La température d'ébullition du pétrole est très haute, d'où l'obligation, avant de l'admettre dans le cylindre, de le mettre en état vésiculaire, état auquel il est aspiré avec une certaine quantité d'air. Au contact de l'air froid une certaine partie du pétrole se condense; mais les gouttes produites par cette condensation sont encore suffisamment petites pour qu'en grande partie elles restent en suspension dans l'air, un peu réchauffé par cette condensation, et elles sont de nouveau vaporisées par la chaleur de compression, tandis qu'une partie se condense sur les parois du cylindre et encrasse ce dernier, comme cela arrive dans tous les moteurs à pétrole. Mais si, comme dans le moteur Banki, on aspire encore de l'eau avec le pétrole et l'air, cette eau non seulement accélère la condensation du pétrole, mais, vu sa tension superficielle plus grande, les gouttelettes d'eau se couvrent d'une pellicule de plus en plus épaisse de pétrole, de sorte qu'il n'y a en suspension dans le cylindre que des grosses gouttes de pétrole et pas de gouttelettes d'eau; l'eau injectée ne peut alors, vu la pellicule de pétrole dont elle est enveloppée, servir à son but, qui est d'enlever la chaleur de compression, de sorte que le refroidissement intérieur est peu efficace; de plus, les gouttes d'eau enveloppées de pétrole adhèrent aux parois, augmentant par là la quantité de pétrole déposée précédemment sur les parois : partout la quantité de pétrole qui s'y condense est plus grande que dans les moteurs où l'injection d'eau n'existe pas. »

Aussi M. Schreber conclut-il :

« Un moteur construit d'après nos principes se distingue du moteur Banki non seulement en ce que son rendement est plus élevé, mais encore en ce qu'il peut marcher avec divers combustibles liquides et gazéiformes. »

Influence de l'action de paroi sur le rendement des moteurs à gaz, par L. LETOMBE. Mémoire présenté au Congrès de Mécanique de l'Exposition de Liége. (*Revue de Mécanique,* t. XIX, 30 sept. 1906, p. 256-264). — La Thermodynamique apprend que la chaleur empruntée à une source chaude n'est que partiellement transformable en travail mécanique. Il est donc permis de se demander si la chaleur qui est enlevée par l'eau de refroidissement qui circule autour du cylindre d'un moteur à gaz est de la chaleur transformable en travail mécanique ou si c'est de la chaleur intransformable au même titre que celle qui se retrouve dans les gaz d'échappement; dans le premier cas, l'action de paroi se traduira par une diminution du rendement; dans le second, le rendement ne devra pas être influencé.

A vrai dire, cette question peut paraître spécieuse. Il est, en effet, bien démontré aujourd'hui que dans les moteurs à vapeur la perte par les parois, malgré l'emploi de chemises de vapeur, donne lieu à une diminution du rendement; par suite, il semble naturel de conclure qu'il en est de même dans les moteurs à gaz, qui fonctionnent à des températures bien plus élevées et dans lesquels le cylindre est artificiellement refroidi. Mais cette conclusion est basée sur une analogie du fonctionnement du moteur à gaz et du moteur à vapeur qui n'existe pas en fait, car le Mémoire de M. Letombe met précisément en évidence que la perte par les parois ne diminue pas le rendement du moteur à gaz à explosions, en d'autres termes que la chaleur enlevée par l'eau de circulation est de la chaleur intransformable. M. Letombe donne d'ailleurs une explication fort plausible de cette non-influence des parois sur le rendement.

I. Nous ne pourrions, sans augmenter démesurément la longueur de cette analyse, reproduire tous les arguments que donne M. Letombe à l'appui de sa thèse;

bornons-nous à en indiquer sommairement quelques-uns :

1° La perte de chaleur par les parois étant proportionnelle à la surface du cylindre et la puissance développée étant, toutes choses égales d'ailleurs, proportionnelle à la masse du mélange tonnant et, par conséquent, au volume du cylindre, la perte de chaleur par les parois rapportée à l'unité de puissance est d'autant plus faible que la puissance du moteur est plus grande. Si donc la chaleur ainsi perdue est transformable en travail mécanique, le rendement doit augmenter avec la puissance. Or de nombreux essais ont montré qu'à compression égale le rendement d'un moteur de 100 chevaux est le même que celui d'un moteur de 20 chevaux.

2° Toujours dans l'hypothèse que la chaleur perdue par les parois est de la chaleur transformable en énergie mécanique, on devrait constater une diminution du rendement lorsqu'on augmente cette perte par une circulation plus active de l'eau de refroidissement. Or, dans des essais faits en novembre et décembre 1901 sur un moteur Cockerill, M. Hubert (*Revue universelle des Mines*, t. LIX, 3e trimestre 1902) a constaté que le rendement thermique de ce moteur n'était pas affecté par la circulation plus ou moins active de l'eau dans l'enveloppe, quelle qu'ait été sa température d'évacuation.

3° Si l'on examine tous les résultats d'essais sérieux faits depuis 20 ans et dans lesquels on a mesuré séparément la quantité de chaleur rejetée par les gaz d'échappement et celle perdue par les parois à différents régimes de température de circulation d'eau dans les enveloppes, on s'aperçoit que pour un moteur donné, dont la forme générale des diagrammes ne varie pas, la somme de ces quantités de chaleur est sensiblement constante [1] : la chaleur perdue par les parois doit donc dès lors être, comme celle emportée par les gaz d'échappement, de la chaleur non transformable en travail mécanique.

II. Ainsi que nous le disions, M. Letombe donne une explication très simple de la non-influence, paradoxale à première vue, de la perte par la paroi dans un moteur à gaz. Cette explication repose d'ailleurs sur un principe énoncé il y a plus de 20 ans par M. Witz, à savoir que : dans les moteurs à gaz les combustions et les détentes doivent être les plus rapides possibles.

Considérons, en effet, l'état thermique de la paroi interne d'un cylindre de moteur à gaz pendant un cycle complet, à partir du moment où commence l'échappement. Pendant cet échappement, la paroi prend la température des gaz, et la chaleur qui lui est cédée par ces gaz tend à s'échapper vers l'extérieur, dans l'eau de circulation. L'échappement terminé, le moteur aspire un mélange frais et, dès lors, le sens de la propagation de la chaleur dans l'épaisseur du cylindre se renverse; toutefois, la quantité de chaleur qui rentre ainsi dans le cylindre ne peut être que faible, d'une part parce que la surface du cylindre est faible par rapport à son volume et, d'autre part, parce que la chaleur spécifique des gaz est petite et qu'il n'y a pas abaissement de température des gaz par détente. Pendant la compression, la propagation de la chaleur vers l'intérieur se maintient sans doute, car la masse métallique proche de la paroi interne se trouve encore à une température voisine de celle de l'échappement et, en tout cas, à une température supérieure à celle des gaz comprimés. Vient ensuite le moment de l'explosion : la chaleur tend alors à pénétrer la paroi; mais, si l'explosion se fait sensiblement à volume constant, cette pénétration ne peut se faire que pendant un temps extrêmement court, et il n'y a guère que la pellicule interne du cylindre qui prend la température des gaz. Si maintenant une détente rapide commence, comme cette détente amène un abaissement considérable de température, la chaleur tend de nouveau à revenir vers l'intérieur du cylindre. Mais quand revient la période d'échappement, les gaz chauds, qui ne produisent plus aucun travail, cèdent effectivement une partie de leur chaleur à la paroi, et la quantité cédée peut être considérable, car cette période dure relativement longtemps : la durée d'une course du piston.

On voit donc que « la chaleur ne traverse la paroi, en quelque sorte, que par pulsations, dont la part active ne correspond presque exclusivement qu'à la période d'échappement. Or, pendant cette période, la chaleur cédée est évidemment intransformable en travail, et c'est pourquoi on trouve expérimentalement que, dans les moteurs à gaz, la somme des chaleurs perdues à l'échappement et par la paroi est une constante; autrement dit, ce qu'on gagne à la paroi, on le perd à l'échappement, et inversement ».

Mais cette explication suppose que la propagation de la chaleur à travers la paroi du cylindre est relativement lente et que la surface interne peut rester sensiblement à la température des gaz de l'échappement, alors que la surface externe est constamment refroidie par l'eau. A l'appui de cette double hypothèse, l'auteur

(1) M. Letombe fait observer que dans les essais de ce genre il faut prendre certaines précautions pour ne pas attribuer par inadvertance à la paroi des pertes qui ne la concernent pas. En particulier, il convient de mesurer le travail indiqué du moteur et non son travail effectif, car le rapport de ce dernier travail au premier, c'est-à-dire le rendement mécanique du moteur, peut varier considérablement avec la température de l'enveloppe du cylindre.

Si, par exemple, le piston du moteur est très juste et s'il n'est pas lui-même refroidi, il aura, par suite de sa dilatation, une tendance à coincer dans le cylindre lorsque la dilatation de celui-ci sera empêchée par une circulation active de l'eau de refroidissement et le rendement mécanique du moteur sera mauvais. En laissant s'élever fortement la température de l'eau de l'enveloppe, le piston reprendra le jeu nécessaire à son bon fonctionnement et le moteur fournira un travail effectif plus grand pour la même dépense de combustible. Presque toujours, dans les essais qui donnent lieu à une remarque de ce genre, on a attribué l'augmentation du rendement effectif à une diminution de la perte par la paroi et l'on voit qu'il peut en être autrement.

Si, au contraire, le piston a trop de jeu ou si les huiles de graissage ne résistent pas aux hautes températures, un refroidissement énergique du cylindre aura pour conséquence de diminuer les fuites ou de rendre le graissage plus efficace; par suite, une circulation active de l'eau de refroidissement aura un effet contraire à celui qu'elle avait précédemment : elle augmentera le rendement mécanique du moteur.

signale plusieurs faits. En premier lieu, si l'on a un moteur en marche et qu'on exagère la circulation de l'eau de manière que la température de sortie de celle-ci soit presque celle d'entrée, puis qu'on ferme en même temps le robinet d'arrivée du gaz et celui de l'eau et qu'on laisse le moteur s'arrêter, on constate que la température de l'eau s'élève peu à peu et atteint parfois, après plusieurs minutes, la température d'ébullition. Un autre fait est le suivant : dans un essai de moteur avec frein à circulation d'eau, la température à la jante de la poulie de freinage devint assez élevée pour provoquer l'inflammation des sabots en bois, bien que l'intérieur de la poulie fût maintenu froid par une circulation très rapide de l'eau. La transmission de la chaleur à travers une paroi métallique se fait donc lentement, et une différence de température d'au moins 300° peut normalement exister entre les deux faces d'une telle paroi.

Il y a également lieu de faire remarquer que l'explication donnée ci-dessus suppose, comme l'a préconisé M. Witz, une très grande rapidité de combustion. Une combustion ralentie, qui ne s'achève que sur la course du piston, donnerait vraisemblablement lieu à une perte de chaleur transformable en travail mécanique et, par suite, à une perte de rendement. Pour cette raison, le moteur à combustion sera toujours pratiquement inférieur au moteur à explosions, même à égalité de rendement théorique.

III. Des considérations développées dans ce Mémoire et de celles contenues dans le Mémoire qu'il présenta au Congrès de Mécanique de 1900, M. Letombe conclut que :

« Le cycle le plus parfait est le cycle à compression aussi élevée que possible, *à explosions à volume constant* et détente complète ;

» Le meilleur réglage à adopter pour un moteur qui suit ce cycle est d'obtenir la réduction du diagramme, quand le travail résistant diminue, par une augmentation de la compression et l'appauvrissement simultané du mélange admis, car ce procédé amène une augmentation du rendement thermique à faible charge. »

Remarques sur la thermodynamique des machines motrices, par JOUGUET, professeur à l'École des Mines de Saint-Étienne (*Revue de Mécanique*, t. XIX, p. 41-57, 31 juillet 1906). — Dans un mémoire antérieur, présenté au Congrès de Mécanique de Liége, l'auteur essayait de rattacher la théorie des moteurs thermiques, et particulièrement des moteurs à gaz, aux conceptions et aux méthodes de la thermodynamique moderne ; le présent mémoire a pour but de mettre en lumière les idées directrices de cette étude et les conséquences qui paraissent s'en dégager.

1. De ces idées directrices la première est que: *toutes les machines motrices fonctionnent suivant un même processus qui n'est pas cyclique.*

Dans le cas d'un moteur à gaz la chose est évidente : le corps évoluant dans le moteur à gaz ne revient pas à son état initial en fin d'évolution ; il ne décrit pas un cycle. Cette remarque est d'ailleurs fort ancienne.

Pour le moteur à vapeur l'évidence est moindre. Toutefois, si l'on y regarde d'un peu près, on s'aperçoit que la seule chose qui y soit cyclique, c'est l'évolution de l'eau entre la chaudière et le condenseur. La partie la plus importante de la machine, celle qui est véritablement le siège de la puissance motrice, la chaudière, ne l'est pas. Envisagée dans son ensemble, chaudière, cylindre, condenseur, la machine à vapeur présente la plus grande analogie avec le moteur à gaz : dans les deux cas, nous sommes en présence d'un *corps actif,* le combustible, dont le passage d'un certain état initial à un certain état final peut développer un certain travail, et d'*intermédiaires* qui recueillent ce travail ; il n'y a de différence que dans la manière dont les intermédiaires accomplissent leur mission.

Mais, envisagé à ce point de vue, le fonctionnement d'un moteur à gaz ou d'un moteur à vapeur ne diffère en rien des machines non thermiques, des moteurs hydrauliques, par exemple, où une certaine masse d'eau s'écoulant du bief d'amont (état initial) au bief d'aval (état final) développe un certain travail que recueille la machine. Il existe donc une parenté intime entre tous les moyens employés pour produire du travail, et tous ces moyens se ramènent en somme au processus suivant :

« Un système de corps est pris à la nature dans un état initial E. Dans la machine il passe à un état final F. Au cours de ce passage, il n'échange de chaleur qu'avec le milieu ambiant qui constitue une source à température fixe T_0. Il est d'ailleurs soumis de la part des corps étrangers à deux groupes de forces : les unes admettent un potentiel Ω [1] ; les autres dont le travail est T_e sont précisément les forces que la machine a pour but de surmonter, et le travail fourni par la machine est $-T_e$. Le système de corps se compose d'ailleurs de deux parties : l'une, le *corps actif,* est dans un état différent en E et en F ; l'autre comprend les *intermédiaires* qui décrivent des cycles dans l'évolution de la machine et servent à recueillir le travail. »

2. De ce que toutes les machines motrices fonctionnent suivant le même processus, il résulte qu'on doit arriver à pouvoir donner une théorie générale de toutes ces machines. Dans son mémoire antérieur et dans celui qui nous occupe, M. Jouguet considère particulièrement les machines thermiques et plus spécialement encore les machines à gaz.

---

(1) La pression atmosphérique qui s'exerce à la périphérie du système donne lieu à des forces admettant un potentiel. Dans les machines à gaz et à vapeur ces forces sont les seules possédant cette propriété. Dans les machines hydrauliques il y a, en outre, la pesanteur agissant sur le corps actif. A la vérité on pourrait ne pas la faire entrer dans les forces extérieures admettant le potentiel Ω, à la condition de la faire entrer parmi les forces intérieures, ce qui est possible en considérant non pas l'eau seule comme corps actif, mais le système formé par la terre et l'eau. Avec cette manière de voir, les résultats trouvés dans le Mémoire présenté au Congrès de Liége, où l'auteur ne considérait comme forces admettant un potentiel que celles dues à la pression atmosphérique, pourraient être facilement étendus aux moteurs hydrauliques. M. Jouguet pense néanmoins qu'il est préférable de faire figurer la pesanteur parmi les forces extérieures admettant un potentiel si l'on veut faire une théorie générale de toutes les machines motrices.

Comme principe fondamental de cette théorie générale l'auteur prend le théorème de thermodynamique démontré dès 1889 par M. Gouy [1] et d'après lequel le travail maximum que peut donner le corps actif en passant de l'état E à l'état F est

$$(U - T_0 S + \Omega)_E - (U - T_0 S + \Omega)_F,$$

où U désigne l'énergie interne et S l'entropie du corps actif.

« Le très grand intérêt du théorème de M. Gouy [2], dit M. Jouguet, est la précision qu'il donne à une idée bien connue, mais que l'on énonce trop souvent sans bien la comprendre et sans savoir en tirer partie, l'idée que, dans toute machine, les pertes sont dues aux phénomènes irréversibles. Il fournit une équation, applicable à tous les moteurs, où tous les phénomènes irréversibles, quels qu'ils soient, viennent marquer leurs effets dans un même terme ; il apprend ainsi à estimer ces effets d'une manière comparable, qu'il s'agisse de l'irréversibilité du frottement et de la viscosité mécanique, de celle des combustions chimiques, de celle enfin qui provient des différences de température dans les échanges de chaleur par conductibilité. Quand bien même le théorème de M. Gouy ne servirait pas à autre chose qu'à introduire cette unité dans l'étude des machines, il serait déjà précieux à cause de sa grande portée philosophique. Mais il donne davantage. On peut s'en servir pour faire, sur les pertes de rendement, des calculs numériques, non pas encore, sans doute, pour toutes les catégories de perte, car les données expérimentales manquent jusqu'ici sur bien des points, chose dont il n'est d'ailleurs pas responsable, mais au moins pour certains cas particuliers très importants. »

M. Jouguet indique ensuite quelques cas particuliers où le théorème de M. Gouy permet des calculs numériques. Ne pouvant les examiner ici en détails, ce qui, d'ailleurs, nous conduirait à faire incursion dans le long mémoire présenté au Congrès de Liége, nous nous bornerons à les énoncer :

a. La perte de rendement due à l'irréversibilité des échanges de chaleur entre corps présentant une différence finie de température peut être chiffrée, et cette évaluation est particulièrement intéressante pour se rendre compte du fonctionnement des chaudières à vapeur.

b. La perte due à des phénomènes irréversibles adiabatiques, tels que les phénomènes de laminage, peut être parfois calculée complètement. Quand le calcul complet n'est pas possible, ce qui arrive pour les combustions chimiques, il est au moins possible de voir comment varie la perte quand on fait varier les conditions où se produit le phénomène irréversible ; par exemple, à la seule condition d'admettre que dans tous les cas le degré de combustion est le même dans tous les moteurs à gaz, et en pratique la combustion est toujours à peu près totale, on peut arriver à quelques conclusions intéressantes concernant le rendement relatif des moteurs à explosion et des moteurs à combustion.

c. La perte due au frottement ou à la viscosité ne peut toujours être évaluée, mais il est facile de voir qu'elle est d'autant plus petite que la température est plus élevée, ce qui peut encore s'exprimer comme il suit : « Dans une machine motrice, un frottement est, en principe, d'autant moins nuisible qu'il se fait à plus haute température [1]. »

3. Dans la troisième partie de son Mémoire, l'auteur répond à cette question : Puisque les machines motrices ne sont pas cycliques, comment a-t-on pu édifier, pour plusieurs d'entre elles, une théorie basée sur la considération des cycles et cependant instructive et féconde?

Pour la machine à vapeur, la réponse est des plus simples. La théorie cyclique est rigoureusement correcte, à condition de se borner à considérer l'évolution de l'eau ; elle est et reste, pour étudier cette évolution, le meilleur guide. Mais, pour analyser le fonctionnement de la chaudière et du condenseur, il convient de se placer au point de vue de M. Gouy : en le faisant, on ne

(1) Gouy, *Sur les transformations et l'équilibre en thermodynamique* et *Sur l'énergie utilisable et le potentiel thermodynamique* (*Comptes rendus*, t. CVIII, 11 mars et 15 avril 1889, p. 507 et 794).

(2) M. Jouguet signale qu'il a reconnu récemment que M. Stodola avait retrouvé en 1898 le théorème de M. Gouy (voir *Die Dampfturbinen*). Mais M. Stodola considérait la fonction $U - T_0 S$, à laquelle se réduit la fonction de M. Gouy quand aucune force admettant un potentiel n'agit sur le corps, comme identique à l'*énergie libre* de Helmholtz. En réalité l'énergie libre de Helmholtz, qui se confond avec la *fonction caractéristique* de Massieu, l'*available energy* de Gibbs et de Maxwell, le *potentiel thermodynamique* de M. Duhem, c'est la fonction $U - TS$ où T désigne la température du corps et non celle T_0 de la source. La fonction de Gouy, qui contient T_0, est donc différente de la précédente, et, comme le faisait observer M. Gouy lui-même dans sa Note du 15 avril 1889, elle ne se confond avec le potentiel thermodynamique que si la température du système est uniforme, constante et égale à celle du milieu ambiant ; elle est donc plus générale et susceptible d'applications auxquelles ne se prête pas le potentiel thermodynamique.

(1) M. Jouguet fait remarquer que la raison de ce fait, à première vue étrange, est facile à trouver et peut être exprimée dans un langage simple, qui, quoique incorrect, a l'avantage de faire image : « Le frottement et la viscosité, dit-il, dégagent de la chaleur, et cette chaleur a une valeur mécanique d'autant plus grande qu'elle est dégagée à une plus haute température. Une partie de la perte est donc, de ce chef, récupérable après qu'elle s'est produite. C'est ainsi qu'une partie de la perte due aux laminages à l'admission, dans les machines à vapeur, est récupérable ultérieurement du fait de l'assèchement que le laminage a produit dans la vapeur. On sait aussi que M. Delaporte a rattaché à des considérations de cette nature le bénéfice procuré par la surchauffe. Toutefois une perte récupérable n'est pas toujours une perte récupérée ; l'avantage qui résulte, pour un frottement, de sa production à haute température peut donc n'être pas utilisé ; de là une restriction, traduite par les mots *en principe*, dans l'énoncé donné ci-dessus. »

On voit, par cet exemple, que certaines conséquences de l'application de la fonction de M. Gouy peuvent être exprimées sans faire intervenir cette fonction. Dans son mémoire au Congrès de Liége l'auteur avait multiplié les exemples de ce genre. M. Witz en ayant conclu, dans le *Génie civil* du 16 décembre 1905, que la considération de cette fonction ne sert guère à M. Jouguet, celui-ci proteste contre cette conclusion.

fait d'ailleurs que développer une indication donnée par Zeuner ([1]).

Pour les moteurs à gaz, la question demande une discussion plus longue pour laquelle nous renvoyons le lecteur au mémoire original; bornons-nous à dire que la théorie cyclique leur est applicable à titre de première approximation.

4. Mais, si la considération des cycles dans l'étude des moteurs à gaz n'est pas absolument correcte, il est encore permis de se demander si et comment le théorème de Carnot sur le rendement maximum des cycles est applicable à ces machines. C'est ce que M. Jouguet examine dans la quatrième partie de son mémoire ([2]).

« Rappelons d'abord, écrit-il, l'énoncé précis de cette conséquence célèbre : étant données deux sources à températures différentes $T_3 > T_0$, tout cycle évoluant entre ces deux sources est économiquement inférieur au cycle de Carnot compris entre ces deux températures. Ce résultat est-il applicable aux moteurs à gaz? Évidemment non. Même dans le cas où la théorie cyclique est suffisamment exacte, il faut remarquer que la température amont du cycle n'est nullement déterminée. On peut la faire varier à volonté en faisant varier le degré de compression préalable, le mode de combustion. On a déjà relevé bien souvent à ce sujet l'erreur de M. Diesel qui prétendait donner une qualité éminente à son moteur en y réalisant une combustion isotherme. Une combustion se faisant isothermiquement à une certaine température T_3 n'a aucune raison pour être supérieure à une combustion à volume constant si celle-ci élève les gaz à une température supérieure à T_3. En fait, on peut démontrer que la combustion la plus avantageuse est la combustion à volume constant : la démonstration en a été donnée par M. Letombe, en s'appuyant sur les hypothèses de la théorie cyclique ([3]) et d'une manière plus satisfaisante, en partant de principes entièrement corrects, par M. Lecornu ([4]) et par M. Mérigeault ([5]).

» Mais on peut énoncer autrement le théorème de Carnot sur le rendement maximum : soient un cycle quelconque, T_3 et T_0 ses températures extrêmes; son rendement est toujours inférieur ou égal à $1-\frac{T_0}{T_3}$. Il faut bien préciser ce qu'on entend par rendement. Le corps évoluant tantôt reçoit de la chaleur, tantôt en cède, tantôt enfin est calorifiquement isolé. La somme de toute la chaleur qu'il reçoit, quelles que soient les sources d'où elle vienne (et elle peut venir de sources diverses), est la *dépense*. Le rendement est le rapport du travail à la dépense; c'est lui qui est inférieur à $1-\frac{T_0}{T_3}$. Voilà ce que veut dire l'énoncé précédent. Mais il veut dire aussi autre chose. Dans le cours de son évolution, le corps peut être alternativement en contact avec plusieurs sources chaudes à des températures supérieures à T_0 et avec une source froide T_0. Il peut d'ailleurs durant son contact avec la source T_0 tantôt absorber, tantôt céder de la chaleur. On appelle maintenant *dépense* la chaleur prise aux autres sources; elle est plus faible que la dépense définie plus haut de toute la quantité absorbée à la source T_0. Le rapport du travail produit à la dépense est encore plus petit que $1-\frac{T_0}{T_3}$. C'est cette nouvelle signification que nous donnerons au théorème de Carnot. »

Or, on ne peut prétendre *a priori* que ce théorème est applicable aux moteurs à gaz. M. Mérigeault l'a montré en établissant qu'il existe des cycles ayant un rendement supérieur à celui qui correspond à ce théorème. Mais, comme l'exemple choisi par M. Mérigeault n'est pas absolument probant, M. Jouguet en donne un autre et fait le calcul pour un moteur alimenté par de l'azotate de diazobenzol pur, explosif pour lequel toutes les données numériques nécessaires au calcul sont connues; il trouve une inégalité indiquant que dans certaines conditions le rendement est plus grand que celui qui résulte de l'application du théorème de Carnot.

« J'espère, ajoute M. Jouguet, avoir mis hors de doute que le théorème du rendement maximum est inapplicable à certains moteurs. Et de ce que je n'ai obtenu ce résultat que dans des cas particuliers, caractérisés par une circonstance qui ne se présente pas dans les moteurs à gaz ordinaires, il ne faut pas en conclure que ma discussion soit sans portée en ce qui concerne ces derniers. Ce que j'ai voulu montrer, en effet, ce n'est pas que les moteurs à gaz de la pratique ont des rendements supérieurs à la limite de Carnot (je sais, au contraire, que cette affirmation est inexacte), c'est que le théorème de Carnot ne constitue pas un principe applicable *a priori* à leur théorie; c'est qu'il n'est, pour eux, qu'un théorème approximatif, justifié uniquement *a posteriori* par des calculs numériques exécutés par des exemples. »

5. Pour effectuer des calculs numériques sur les machines thermiques, il est nécessaire de connaître les chaleurs spécifiques des gaz aux hautes températures. On sait que cette connaissance est encore incomplète. Aussi l'auteur croit-il devoir discuter spécialement le rôle des valeurs qu'il a adoptées dans les calculs qui l'ont conduit aux deux conclusions suivantes, les plus importantes, au point de vue pratique, de son étude présentée au Congrès de Liège : 1° il y a avantage à marcher avec des gaz dilués; 2° il y a avantage à alimenter le moteur avec des gaz froids. Cette discussion montre que l'incertitude actuelle sur les valeurs admises ne peut modifier le sens de ces conclusions.

([1]) *Grundzuge der Mechanischen Wärmetheorie.*

([2]) L'auteur croit devoir insister pour qu'on ne se méprenne pas sur la nature de la question ainsi posée. Il a parfaitement raison, car à chaque instant on se trouve, dans les travaux de Thermodynamique appliquée, une confusion regrettable entre le *principe* de Carnot et le *théorème* de Carnot. Le principe, découvert par Clausius, mais que l'on désigne sous le nom de principe de Carnot pour rendre hommage au fondateur de la Thermodynamique, est nécessairement applicable, et en somme le théorème de Gouy suppose l'exactitude de ce principe. Quant au théorème de Carnot, dont l'énoncé est, d'ailleurs, susceptible de plusieurs interprétations, son application est discutable, comme le montre M. Jouguet.

([3]) LETOMBE, *Contribution à l'étude des machines thermiques* (*Congrès de Mecanique de* 1900, t. III, p. 153).

([4]) LECORNU, *Comptes rendus de l'Académie*, t. CXXXIV, 1902, p. 1566.

([5]) MÉRIGEAULT, *Annales des Mines*, 10e sér., t. VIII, p. 178.

APPLICATIONS MÉCANIQUES.

APPLICATIONS DIVERSES.

Les installations mécaniques du tunnel sous l'Elbe à Hambourg (*Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXX, 28 octobre 1909, p. 1032). — Le tunnel est destiné à assurer les communications entre Saint-Poli et Steinwärder, et doit être utilisé aussi bien par les voitures de toutes sortes que par les piétons. Le tunnel est constitué par deux tubes débouchant à chaque extrémité dans un puits en communication avec le sol (*fig.* 1). Les deux puits sont séparés par une distance de 448^{m},50 et sont reliés par les deux tubes dont chacun assure le trafic dans un seul sens.

Le diamètre extérieur des tubes est égal à 6^{m}; leur distance d'axe en axe est égale à 8^{m}; la voie carrossable de chaque tube a une largeur de 1^{m},82, les trottoirs ayant chacun une largeur de 1^{m},25.

Le diamètre de chacun des puits d'accès est de 22^{m}; ils contiennent chacun six ascenseurs de différentes grandeurs, qui sont disposés symétriquement des deux côtés de l'axe (*fig.* 2). Les deux appareils placés au milieu peuvent porter 10^{t} et sont destinés aux voitures lourdes; les deux autres sont destinés aux voitures plus légères et peuvent porter 6^{t}; les deux derniers, destinés au transport des personnes, peuvent soulever 2360^{kg}.

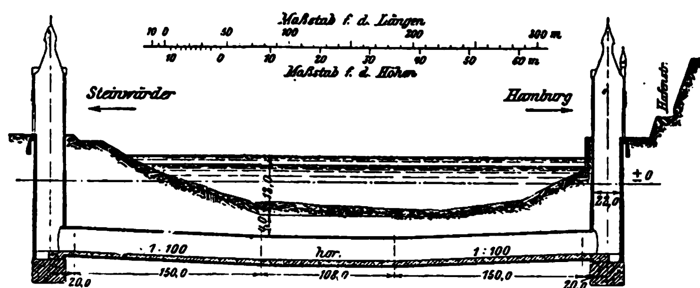


Fig. 1.

La hauteur totale de levage est de 23^{m},50, et cette hauteur est parcourue suivant le type d'ascenseur en 35, 30 ou 25 secondes, y compris les périodes d'accélération et de ralentissement. Le fonctionnement simultané des six appareils utilisé pour le trafic des personnes permettrait le passage de 6000 à 7000 personnes en une demi-heure.

Les puits sont pourvus d'escaliers pour le cas d'arrêt des appareils de levage.

Les machines et appareils de mise en marche sont installés au premier étage des halles d'entrée, et leurs visite et surveillance sont très faciles. Les six ascenseurs sont supportés par une charpente en fer commune; le plancher est composé d'un grand nombre de poutrelles en fer supportées par les murs du puits et par des colonnes en fer de chacune 30^{m} de hauteur; un entretoisement convenable empêche le flambage de ces colonnes.

Les cabines des ascenseurs, exécutées en fer et bois, sont munies de portes à fermeture automatique, qui ne peuvent s'ouvrir que si la cabine est à l'un des deux niveaux, supérieur ou inférieur. Sous le plancher des cabines sont placés des amortisseurs hydrauliques qui ont pour but de diminuer les chocs à fin de course, en cas de mauvais fonctionnement des appareils de mise en marche et d'arrêt.

Les cabines sont supportées par des câbles en cuir, et, à pleine charge, ces câbles travaillent au dixième de la rupture.

Les treuils sont mus électriquement; chacun des ascenseurs pour grandes charges a deux moteurs, les deux plus petits un moteur seulement; la commande se fait par vis sans fin et roues hélicoïdes.

Les moteurs (à courant continu) sont munis de trois enroulements d'excitation séparés : un enroulement en dérivation, dont le courant est constant; un enroulement série pour le démarrage et l'accélération, court-circuité progressivement quand la vitesse est obtenue; un enroulement séparé, pour diminuer la vitesse à fin de course.

Le démarrage s'effectue à l'aide de contacteurs et est tout à fait automatique; les électro-aimants des différents contacteurs sont alimentés par une dérivation aux bornes du moteur, et l'accélération au démarrage est réglée une fois pour toutes; l'enroulement gros fil est supprimé à la fin de la période d'accélération, et le moteur fonctionne comme machine shunt pendant la plus grande partie du temps.

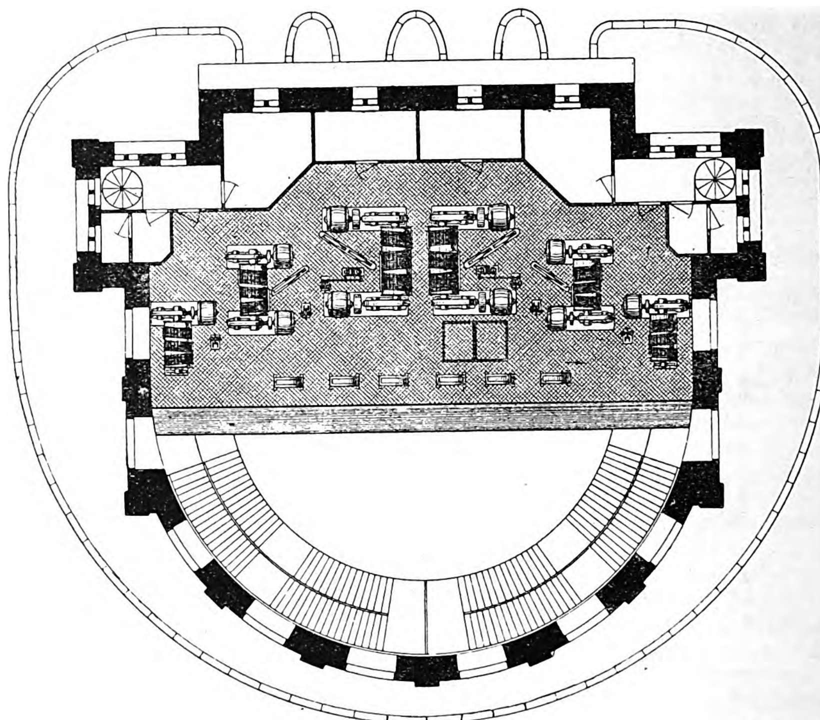
Lorsque la cabine est arrivée à une distance de 3^{m},60 de l'extrémité de sa course, elle actionne, à l'aide d'un contact auxiliaire, un appareil spécial qui intercale des résistances dans l'induit et pendant que le troisième enroulement d'excitation est alimenté, ce qui provoque

un ralentissement progressif du moteur; une butée de fin de course coupe le courant du moteur ainsi que les électros de manœuvre et l'électro de frein, de sorte que ce dernier fonctionne et absorbe la puissance vive de tout le système en mouvement.

Afin que la charge des moteurs soit aussi peu variable que possible, un contrepoids équilibre la cabine à la demi-charge. Cette disposition a l'avantage de permettre l'emploi de moteurs moins puissants et correspondant seulement à la demi-charge, ce qui diminue les frais d'exploitation.

L'ensemble ne peut être mis en marche que si toutes les portes sont fermées; dans le cas contraire, le circuit des appareils de démarrage est interrompu. Il en est de même si les câbles de suspension ne sont pas dans leur situation normale, si l'un d'eux est trop allongé ou brisé; ce résultat est obtenu d'une manière assez simple : les câbles sont conjugués deux à deux, les extrémités étant liées à un balancier; si l'un des deux câbles est dans une position anormale, l'extrémité du balancier vient appuyer sur un contact en série avec ceux des portes et empêche le fonctionnement de la même manière que ces derniers. Un parachute à griffes agissant sur les glissières verticales en bois agit comme arrêt de sécurité en cas de rupture des câbles. E. B.

Schnitt c d.



Maschinen-Plattform und obere Schachteinfahrt.

Fig. 2. — Plate-forme des machines et entrée du puits.

Rendement d'un compresseur électrique de mine (*L'Industrie électrique*, t. XVIII, p. 444-446, 10 octobre 1909). — Dans cet article l'auteur rend compte d'essais effectués par lui sur un compresseur d'air pour mine. Ce compresseur, à piston différentiel, peut fournir par heure 1000$^{m^3}$ à la pression de 6 kg : cm².

Il est commandé par un moteur triphasé de 100 chevaux à la vitesse angulaire de 145 t : m, alimenté par du courant à la fréquence 50 p : s et à la tension de 2000 volts. Le rendement a été calculé en évaluant, d'une part, le travail de compression effectué par la pompe connaissant la course du piston, les surfaces de compression et la pression moyenne fournie par un diagramme, et, d'autre part, l'énergie électrique dépensée d'après les indications des appareils de mesures. Quatre essais ont été faits et dans chacun d'eux la pression finale dans le réservoir était différente; les rendements trouvés sont :

			atm
77,8	pour 100	pour une pression finale de	3,2
84,0	»	»	4
89,5	»	»	5,1
83,4	»	»	6

On voit que le rendement dépend de la pression à laquelle se trouve comprimé l'air.

TRACTION ET LOCOMOTION.

CHEMINS DE FER.

Étude du mouvement d'un train (suite) (¹). — II. CONSTRUCTION DES COURBES DES VITESSES D'APRÈS M. C.-O. MAILLOUX. — Les données nécessaires à la construction des courbes $v = f(t)$ sont fournies par les caractéristiques des moteurs. Ces caractéristiques donnent pour chaque valeur de l'intensité du courant la valeur de la vitesse correspondante et celle de l'effort de traction. On en déduit les valeurs de $\frac{T}{P'}$. On connait d'ailleurs $\frac{P}{P'}$ et aussi à chaque instant r, c, i; on a donc en définitive les valeurs de $\frac{dv}{dt}$ en fonction de v. Il s'agit d'en déduire pratiquement les valeurs des temps t pour avoir les courbes cherchées.

Reprenons l'équation générale différentielle du mouvement

$$(1)\qquad \frac{dv}{dt} = 0{,}03532\left[\frac{T}{P'} - \frac{P}{P'}(r + c + i)\right].$$

Soit X le second membre. Le temps qui s'écoule entre deux vitesses v' et v'' est

$$\Delta t = \int_{v'}^{v''} \frac{dv}{X}.$$

On pourrait alors construire la courbe

$$Y = \frac{1}{X} = f(v),$$

et le temps Δt s'obtiendrait en effectuant la quadrature de cette courbe entre les vitesses v' et v'', car

$$\Delta t = \int_{v'}^{v''} \frac{dv}{X} = \int_{v'}^{v''} Y\,dv.$$

Dans la méthode généralement suivie, ou méthode par points, on calcule directement les accroissements des temps en fonction des accroissements des vitesses par l'application de la formule (1) à laquelle on donne une forme convenable pour les calculs, savoir :

$$\Delta t = \frac{P'}{0{,}03532}\,\frac{1}{T - R}\,\Delta v,$$

où $R = P(r + c + i)$; T et R correspondant à la vitesse moyenne $v + \frac{\Delta v}{2}$, Δv est arbitraire. T est donné par les caractéristiques du moteur. De la vitesse $v + \frac{\Delta v}{2}$ on déduit le courant, d'où l'effort correspondant.

(¹) Voir *La Revue électrique* du 15 sept., p. 180.

Dans la méthode de M. Mailloux (¹) on résoud l'équation (1) au moyen de deux genres de courbes, savoir :

Les courbes des coefficients différentiels

$$(2)\qquad \frac{dv}{dt} = f(v);$$

Les courbes des inverses des coefficients différentiels

$$(3)\qquad \Delta t = \frac{1}{f(v)}\Delta v \qquad \text{ou} \qquad \Delta t = \frac{1}{\frac{dv}{dt}}\Delta v.$$

Ces courbes sont employées concurremment avec la courbe des distances parcourues. Cette méthode éminemment pratique est plus exacte que la méthode ordinaire; elle permet surtout de se rendre plus facilement compte du degré d'approximation que l'on obtient. Elle est surtout avantageuse lorsque l'on a un grand nombre de parcours à étudier et par suite un grand nombre de courbes des vitesses à construire. Dans les applications on détermine, au moyen des courbes (2) et (3), les accroissements des temps en secondes correspondant à des accroissements donnés en km : h de la vitesse. Nous aurons à considérer successivement les périodes d'accélération et de retardation.

A. ACCÉLÉRATION. — I. *Courbes des coefficients différentiels* $\frac{dv}{dt} = f(v)$ (*fig.* 1). — On construit la courbe représentée par l'équation (1) en fonction de v et en la considérant comme somme algébrique de plusieurs courbes représentant respectivement les variations des coefficients différentiels $\frac{dv}{dt}$ en fonction des termes $\frac{T}{P'}$, $\frac{P}{P'}r$, $\frac{P}{P'}(c + i)$.

On construit, en fonction de la vitesse M, la courbe représentée par l'équation

$$\frac{dv}{dt} = 0{,}03532\,\frac{T}{P'},$$

où T est fonction de la vitesse.

On construit la courbe R en fonction de v calculée par l'équation

$$\frac{dv}{dt} = 0{,}03532\,\frac{P}{P'}\,r,$$

où r est fonction de la vitesse.

(¹) M. Mailloux a exposé, pour la première fois, les principes de sa méthode, juin 1902, à l'American Institute of Electrical Engineers. Nous tenons à le remercier ici des indications qu'il a bien voulu nous donner pour nous permettre de rédiger cet exposé résumé de sa méthode.

Cette courbe ne comprend pas les frottements dans les paliers des moteurs et les engrenages. On en déduit la courbe Q en ajoutant ces deux résistances additionnelles.

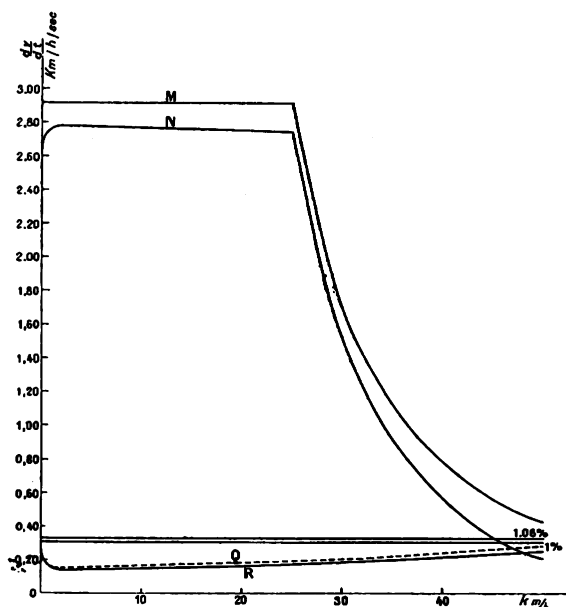


Fig. 1. — Courbes des coefficients différentiels.

On retranchera alors de la courbe M la courbe R pour étudier la période d'accélération et la courbe Q pour celles de retardation. En effet, dans la première période, le courant est fourni aux moteurs et, dans ce cas, on tient déjà compte des frottements dans les engrenages et les paliers des moteurs lorsqu'on construit la courbe M, car on calcule cette courbe au moyen de la courbe des efforts du moteur, laquelle en tient compte et donne les efforts réellement disponibles.

Pendant la retardation le véhicule se meut par inertie; les frottements dans les paliers des moteurs et dans les engrenages doivent être surmontés par l'énergie cinétique de la voiture.

La courbe N des efforts nets est celle obtenue en retranchant des ordonnées de la courbe M celles de la courbe R.

Nous avons vu plus haut que l'on remplaçait une courbe par la *résistance équivalente* Pour l'objet que nous avons en vue, il reste donc seulement à considérer i que nous supposons représenter la résistance due à l'ensemble rampe (ou descente) réelle et rampe équivalente. Or l'équation

$$\frac{dv}{dt} = 0{,}03532 \frac{P}{P'} i$$

est celle d'une droite. On tracera alors les diverses horizontales correspondant à diverses valeurs de i.

Pour chaque valeur de l'intensité et par suite de la vitesse, les valeurs de $\frac{dv}{dt}$ satisfaisant à l'équation (1) seront obtenues en retranchant ou ajoutant aux ordonnées de la courbe N celle constante de l'horizontale d'une rampe ou d'une descente donnée. Incidemment l'intersection de la courbe N avec l'horizontale d'une rampe ou d'une descente donne la vitesse maximum sur cette rampe ou cette descente.

Remarques. — Les coefficients r et par suite les courbes Q et R sont les mêmes pour tous les trains de même genre et constitués de la même manière, mais varient avec le nombre de véhicules et leur forme. Il y aura alors lieu d'employer différentes courbes Q et R suivant les types de trains considérés et leur constitution. Les autres coefficients c et i sont indépendants du genre de train, et par suite les courbes qui leur correspondent subsistent dans tous les cas.

Alors, pour un même train, seule la courbe M changera avec les moteurs. On suppose le rapport $\frac{P}{P'}$ constant égal à $\frac{1}{1+\lambda}$.

Remarque. — Il peut être préférable dans certains cas de ne pas s'occuper du poids fictif P', c'est-à-dire de faire $\frac{P}{P'} = 1$ pour construire les courbes précédentes, et de faire ensuite subir à ces courbes, par un procédé graphique, la correction nécessaire correspondante au facteur $\frac{P}{P'}$. M. Mailloux recommande cette méthode que nous ne faisons qu'indiquer toutefois.

2. *Courbes des inverses des coefficients différentiels* (*fig.* 2). — Soit v une valeur de la vitesse à un instant t. Les courbes précédentes donnent pour cette valeur v la valeur correspondante $\frac{dv}{dt}$. Soit X cette valeur. Considérons un point infiniment voisin d'abscisse t; on a

$$t' = t + dt$$

avec

$$dt = dv \frac{1}{X},$$

ou, en prenant des accroissements finis,

$$t'_1 = t + \Delta t$$

avec

$$(4) \qquad \Delta t = \Delta v \frac{1}{X}.$$

Le coefficient X qui entre dans cette formule est en toute rigueur égal à la valeur $X_0 = \left(\frac{dv}{dt}\right)_0$ du coefficient différentiel en un certain point vt intermédiaire entre les points de coordonnées vt et $v'_1 t'_1$, et c'est cette valeur X_0 qui donne la valeur exacte de l'accroissement Δt du temps. Ce point $v_0 t_0$ ne se confond en général pas avec le point milieu de l'arc qui joint les deux points vt et $v'_1 t'_1$; mais, pratiquement, l'erreur commise sur l'accroissement de temps en supposant qu'il en soit ainsi est négligeable, et l'on prendra comme coefficient différentiel $X = \frac{dv}{dt}$ celui qui correspond au point milieu,

c'est-à-dire à celui d'ordonnée $\frac{1}{2}(v + v'_1)$. Il est d'ailleurs facile, dans chaque cas particulier, de se rendre compte de l'erreur commise e. On a en effet en valeur absolue

$$e = \Delta t' - \Delta t'',$$

$\Delta t'$ étant l'accroissement qu'il faudrait prendre et $\Delta t''$ étant l'accroissement erroné pris

$$e = \Delta t' - \Delta t'' = \frac{\Delta v}{X'} - \frac{\Delta v}{X''},$$

X′, X″ étant les valeurs du coefficient X aux points $v't'$ et $v''t''$.

On a

$$e = \frac{X'' - X'}{X''X'}\Delta v,$$

et l'erreur relative a pour expression $\frac{e}{\Delta t'}$.

On voit ainsi que l'erreur relative ou absolue est proportionnelle à l'accroissement Δv et inversement proportionnelle au produit des deux coefficients différentiels X′ et X″. Généralement ces deux coefficients

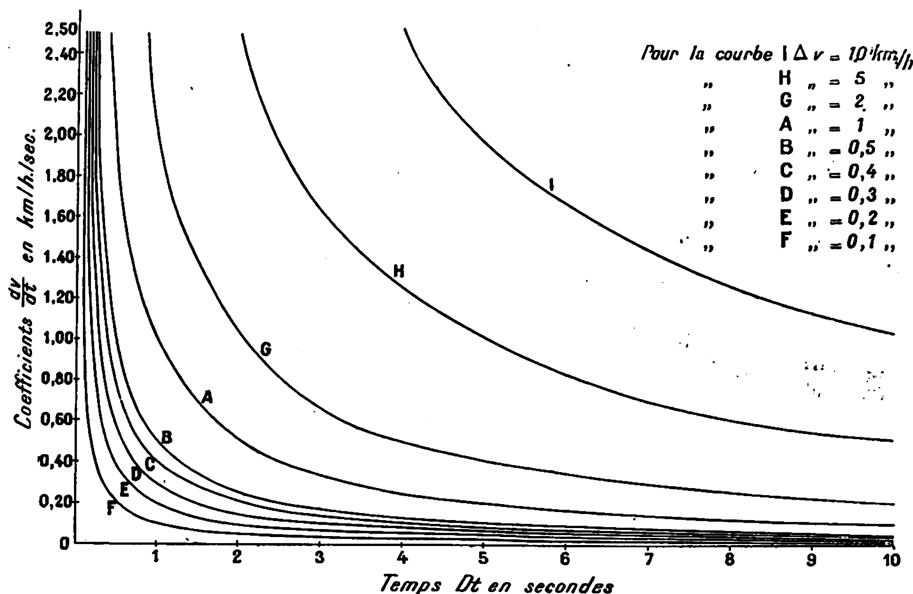


Fig. 2. — Courbes des inverses des coefficients différentiels.

diffèrent peu, et par suite le dénominateur est sensiblement égal au carré de l'un d'eux. Si Δv est suffisamment petit, l'accroissement Δt et par suite l'abscisse t'_1 sera déterminée avec une approximation suffisante.

Ceci posé, reprenons l'équation (4); on peut l'écrire

$$\Delta t = \Delta v \frac{1}{\frac{dv}{dt}}$$

ou

$$\Delta t \frac{dv}{dt} = \Delta v,$$

ou finalement

$$xy = \Delta v,$$

en posant

$$\Delta t = x \qquad \text{et} \qquad \frac{dv}{dt} = y,$$

équation qui représente une série d'hyperboles. Δv est arbitraire.

Cette quantité Δv sera choisie ainsi que nous le verrons plus loin. Il est commode de donner plusieurs valeurs à Δv, c'est-à-dire d'employer simultanément plusieurs de ces courbes.

Nous avons construit les courbes correspondant respectivement aux valeurs 0,5, 0,4, 0,3, 0,2, 0,1, 1, 2, 5 et 10 de Δv.

Ces hyperboles donnent les accroissements des temps correspondant aux accroissements Δv des vitesses, et cela pour chaque vitesse. En particulier, en partant du repos, on aura le temps mis par le véhicule pour atteindre une certaine vitesse v' en posant $\Delta v = v'$, et le temps total écoulé T′ pour arriver à une vitesse V quelconque est obtenu en ajoutant le dernier accroissement de temps ΔT trouvé à la somme T de tous les accroissements précédents, car on a

$$T' = T + \Delta T.$$

Les ordonnées de ces courbes $xy = \Delta v$ sont les mêmes que celles des courbes précédentes des coefficients différentiels.

Un coefficient $\frac{dv}{dt}$ ayant été déterminé pour la valeur v par les courbes des coefficients différentiels, on reporte sa valeur prise comme ordonnée sur les courbes des inverses et prend l'intersection de cette ordonnée avec une courbe *convenablement* choisie. Celle-ci dépend de l'accroissement Δv que l'on a pris. On déduit ainsi Δt.

Une même courbe, c'est-à-dire une courbe correspondant à une certaine valeur de Δv, ne s'applique pas avec le même degré de précision à toutes les portions d'une même courbe des vitesses. Son application est aussi limitée, comme nous allons le voir. Les plus grandes valeurs de l'accélération correspondent aux plus petites valeurs de Δt, et plus la valeur de l'accélération décroît, c'est-à-dire plus on avance sur les portions les plus aplaties de la courbe des vitesses, plus les valeurs de Δt croissent et croissent plus rapidement. Or, les valeurs relatives des Δt croissent continuellement pour chaque courbe Δv, et cela, de la courbe définie par $\Delta v = 10$ qui est la plus grande valeur de Δv envisagée, à la courbe définie par $\Delta v = 0,10$ qui est la plus petite valeur de Δv, jusqu'à un point correspondant, sur la courbe particulière considérée, à l'accroissement de temps maximum qui peut être lu sur lesdites courbes, soit ici 10 secondes. Pour une courbe quelconque Δv, la limite de son emploi correspond à la valeur $\frac{\Delta v}{10}$ du coefficient différentiel. Ainsi, pour la courbe où $\Delta v = 1$ par exemple, la limite d'emploi est atteinte pour $\frac{dv}{dt} = \frac{1}{10} = 0,1$, et ladite courbe définie par $\Delta v = 1$ ne s'applique pas pour déterminer les valeurs des accroissements des temps relatifs à une courbe ou une portion de courbe des vitesses dont la valeur du coefficient $\frac{dv}{dt}$ est toujours supérieure à 0,10.

Ces considérations montrent que les courbes qui correspondent aux plus grandes valeurs des accroissements des vitesses, telles que les courbes G, H, I, peuvent seulement être employées quand on veut déterminer les valeurs des temps relatifs à des courbes des vitesses qui ont une inclinaison considérable, soit positive, soit négative. Plus la courbe des vitesses s'aplatit et plus on doit choisir des courbes définies par des faibles accroissements de vitesse.

Pour une étude très précise, on emploiera la courbe G($\Delta v = 2$) pour des coefficients différentiels supérieurs à 3, la courbe A ($\Delta v = 1$) pour des coefficients compris entre 3 et 2, puis successivement les courbes C, D, E, F, cette dernière pour les plus petits coefficients différentiels. Le degré de précision obtenu ainsi n'est pas nécessaire dans la plupart des cas, et l'on pourra en général prendre des accroissements Δv plus grands que ceux indiqués pour les valeurs ci-dessus des coefficients différentiels.

Dans le cas où l'on désire une précision encore plus grande que celle qui peut être obtenue avec la courbe F, on procède ainsi : on multiplie par 2, 3, ou 4, ..., les valeurs des $\frac{dv}{dt}$ obtenues par les premières courbes $\left[\text{courbes } \frac{dv}{dt} = f(v)\right]$ et l'on reporte intégralement les valeurs ainsi trouvées sur les courbes Δv; on divise ensuite les temps lus par le facteur adopté. Le résultat donne visiblement l'accroissement de temps cherché. Il y a lieu de remarquer qu'on a ainsi l'avantage de chercher l'abscisse d'un point reporté vers la gauche, c'est-à-dire là où les hyperboles présentent le plus de courbure.

De ce qui précède et pour résumer, M. Mailloux donne les règles pratiques suivantes :

1. Les points que l'on veut déterminer sur la courbe des vitesses seront rapprochés les uns des autres, c'est-à-dire les vitesses auxquelles deux points consécutifs correspondent seront voisines.

2. Plus la courbe des vitesses s'aplatit, plus on doit réduire les accroissements de la vitesse.

3. Pour de fortes accélérations, soit 3 km : h : s, les Δv peuvent être pris de 2 km : h à 15 km : h.

4. Pour de faibles accélérations les Δv seront pris petits, et d'autant plus petits que ces accélérations seront elles-mêmes plus faibles.

5. L'accroissement Δv devra être réduit quand il donnera une valeur de Δt trop grande. Celle-ci sera considérée comme trop grande si elle excède 2 secondes pour de fortes accélérations, 5 pour des accélérations moyennes, et 10 pour de faibles accélérations. Pour une étude très précise, on réduira respectivement ces temps à $\frac{1}{2}$, 2 et 5 secondes.

Ces observations ont été vérifiées et confirmées par l'expérience.

Toutes les considérations qui précèdent se rapportent à la période d'accélération du train. Nous allons voir maintenant les périodes de retardation.

B. *Retardation sans freinage.* — Le train marche par inertie. Les courbes des coefficients différentiels sont les courbes Q et celles correspondant aux pentes (pente réelle et pente équivalente). Ainsi qu'il a été dit, la courbe Q tient compte de la résistance additionnelle r' due aux frottements des arbres des moteurs dans leurs paliers et à ceux dans les engrenages. La courbe Q est ainsi définie par une équation de forme

$$\frac{dv}{dt} = 0,03532\frac{P}{P'}(r + r'),$$

et l'équation générale du mouvement est au signe près de forme

$$\frac{dv}{dt} = 0,03532\frac{P}{P'}(r + r' + c + i),$$

r étant toujours défini par l'équation de la résistance au mouvement vue plus haut. Il est à remarquer ici que l'énergie cinétique des parties tournantes tend à contre-balancer ou à neutraliser l'accroissement de résistance r', et l'on peut admettre que cette énergie cinétique est entièrement absorbée par les frottements r'. L'équation des courbes Q prend alors la forme simple

$$\frac{dv}{dt} = 0,03532 r.$$

C. *Retardation avec freinage.* — Ainsi qu'il a déjà été vu, la courbe des vitesses pour cette période est une droite, en admettant un effort de freinage constant. Pour la tracer il suffit d'en déterminer deux points. Cela résulte immédiatement de la solution des trois problèmes suivants :

1° *A quelle vitesse doit-on appliquer les freins afin d'arrêter le véhicule en un point déterminé à*

une distance s d'une origine fixe, la valeur du coefficient de freinage étant donnée, $\frac{dv}{dt} = \frac{v}{t} = X$?

Soit en général $v = f(t)$ une courbe des vitesses ; on a

$$ds = v\,dt,$$

c'est-à-dire que les aires de cette courbe représentent les espaces parcourus à un facteur constant près.

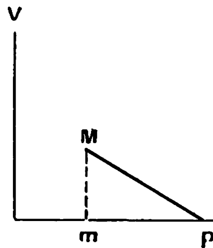


Fig. 3.

Cela étant, soit Mp la droite de freinage dont on connaît le coefficient angulaire X. On a (*fig.* 3)

$$\text{aire } Mmp = \frac{1}{2} mM.mp,$$

$$\frac{dv}{dt} = \frac{v}{t} = X = \frac{Mm}{mp} \qquad (Mm = v),$$

$$\text{aire } Mmp = \frac{v^2}{2X};$$

v est exprimé en km : h et les temps en secondes ; par suite

$$s = \frac{\text{aire } Mmp}{3600} = \frac{v^2}{7200\,X},$$

$$v = \sqrt{7200\,Xs} \qquad \text{et} \qquad t = \sqrt{\frac{7200\,s}{X}}.$$

2° *A quelle vitesse v doit-on commencer le freinage afin de parcourir en freinant une distance donnée s ou conserver une vitesse donnée a à la fin de cette distance, la valeur de la retardation étant donnée,* X?

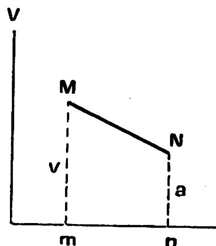


Fig. 4.

On a (*fig.* 4), MN étant la droite de freinage,

$$\text{aire } MNnm = \frac{v + a}{2} mn, \qquad X = \frac{v - a}{mn},$$

d'où

$$\text{aire } MNnm = \frac{(v + a)(v - a)}{2X} = \frac{v^2 - a^2}{2X};$$

alors

$$s = \frac{1}{3600} \frac{v^2 - a^2}{2X},$$

$$v = \sqrt{7200\,Xs + a^2}.$$

3° *Distance à parcourir en freinant pour réduire la vitesse d'une valeur initiale v à la valeur finale a?*

Cette distance est

$$s = \frac{v^2 - a^2}{7200\,X}.$$

Dans tout ceci, X n'est autre que le coefficient $\frac{dv}{dt}$ des équations du mouvement. Il peut être connu *a priori*.

Dans le cas général, les trois problèmes précédents trouveront leur application au lieu que dans un cas simple un seulement pourra être utilisé.

Courbe des distances parcourues. — Cette courbe sert de lien entre les différents éléments de la courbe

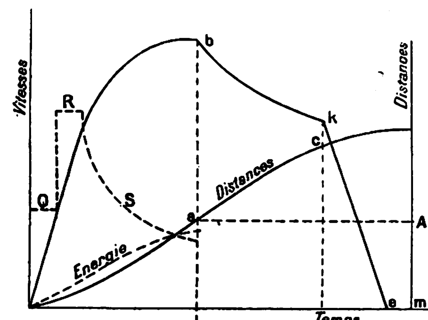


Fig. 5.

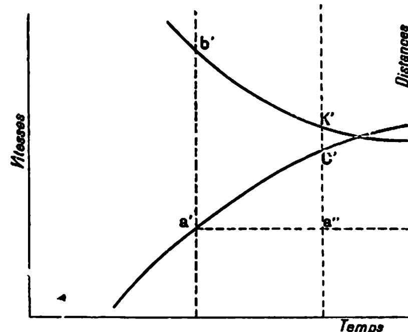


Fig. 6.

des vitesses et permet de se rendre compte, lorsque l'on passe d'une section du parcours à une autre, où il se présente un changement de pente ou de courbure.

Nous avons vu incidemment que les aires des courbes des vitesses représentaient à un facteur constant près les distances parcourues : supposons alors que l'on ait construit séparément les courbes indéfinies d'accélération, de retardation sans freinage et avec freinage

avec les courbes correspondantes des distances, obtenues au moyen du planimètre ou autrement. Soit la courbe d'accélération (*fig.* 5), et supposons que l'accélération continue jusqu'à ce que le train ait parcouru une distance de d km. Sur l'échelle des distances, on prend $mA = d$ km, d'où l'on déduit a, puis b où l'accélération doit finir. La courbe de retardation doit commencer en b. On porte alors le segment ba en $b'a'$ (*fig.* 6) à partir de b' de même ordonnée que b. En supposant que cette période continue sur une distance d' on prendra c' tel que la distance verticale $a''c'$ soit égale à d', d'où l'on déduit k'. Enfin on porte la portion de courbe $b'k'$ en bk. En k commence le freinage. Le point c correspond à un parcours $d + d'$.

Au lieu de construire séparément les différentes portions de la courbe des vitesses, on procédera en général de la façon suivante.

Ayant tracé la courbe d'accélération jusqu'à un point arbitraire, mais suffisamment avancé vers la droite, et celle des distances, on construit la droite de freinage, dont on connaît le point correspondant à l'arrêt, en se donnant *a priori* le point à partir duquel on veut freiner. Cette donnée détermine la longueur de la période de retardation sans freinage à cause de la courbe des distances, intégrale de celle des vitesses que l'on construit simultanément au moyen du planimètre ou directement. Enfin on trace la courbe de retardation sans freinage pour laquelle il sera commode de commencer par le point ci-dessus indiqué du commencement de freinage, c'est-à-dire de progresser de la droite vers la gauche à partir de ce point jusqu'à ce que l'on rencontre la courbe d'accélération.

Courbes subsidiaires : 1. *Courbe du courant absorbé.* — On a à chaque instant l'intensité du courant absorbé; on a donc de suite la courbe correspondante en fonction du temps. Cette courbe est utile pour le calcul des feeders, des conducteurs amenant le courant aux moteurs, des pertes dans les câbles et de l'échauffement des moteurs.

2. *Courbes des ampères-heure.* — En intégrant la courbe précédente, on obtient des ampères-seconde (coulombs), lesquels divisés par 3600 donnent des ampères-heure.

3. *Courant équivalent de même échauffement.* — On a

$$I = \sqrt{\int I^2\, dt}.$$

Par conséquent, on construira la courbe des carrés des valeurs instantanées du courant, puis on l'intégrera. La racine carrée de la valeur obtenue donne la valeur du courant constant équivalent au point de vue de l'échauffement des moteurs pendant le même parcours. On peut aussi et plus simplement, ainsi que le fait M. Mailloux, transformer la courbe du courant en coordonnées polaires et prendre à l'intégraphe l'aire de la nouvelle courbe.

4. *Courbe de la puissance absorbée.* — En multipliant l'intensité du courant à chaque instant par le voltage moyen au trolley, on obtient les kilowatts absorbés à chaque instant. Il est évident par suite que l'on peut prendre pour cette courbe la courbe (*fig.* 5) du courant en faisant un changement d'échelle convenable pour les ordonnées.

Il faut noter que le voltage moyen considéré n'est pas celui réellement appliqué aux moteurs eux-mêmes, mais celui du circuit moteurs et résistances, lequel devient égal au premier lorsque toutes les résistances sont éliminées.

Dans le type de contrôle série-parallèle, la puissance absorbée durant la marche série est, pour un courant donné par moteur, la moitié de ce qu'elle est pendant la marche en parallèle. Jusqu'au moment du changement série à parallèle, la courbe est une droite Q horizontale, puis le courant total monte au double de sa valeur et la puissance absorbée double également, puis reste constante jusqu'à ce que toutes les résistances aient été complètement éliminées, d'où la portion de droite R; à ce moment l'accélération commence à décroître, puisque la force contre-électromotrice des moteurs réduit le courant qui les traverse, car la vitesse augmente; il s'ensuit que la puissance décroît suivant une certaine courbe S. Au point b, auquel le courant est supprimé, la courbe de la puissance tombe à zéro. Pratiquement les portions Q et R sont plus ou moins en dents de scie, à cause des différents crans au contrôleur.

5. *Courbe de l'énergie absorbée.* — La courbe intégrale de la précédente (puissance) donne l'énergie absorbée en kilowatts-seconde, lesquels divisés par 3600 donnent des kilowatts-heure.

6. *Énergie par tonne kilométrique.* — On connaît l'énergie totale dépensée pendant un parcours; on connaît d'ailleurs la longueur de celui-ci et le poids du train; on déduit les watts-heure par tonne kilométrique ou par voiture-kilomètre.

III. Application. — Soit le cas suivant :

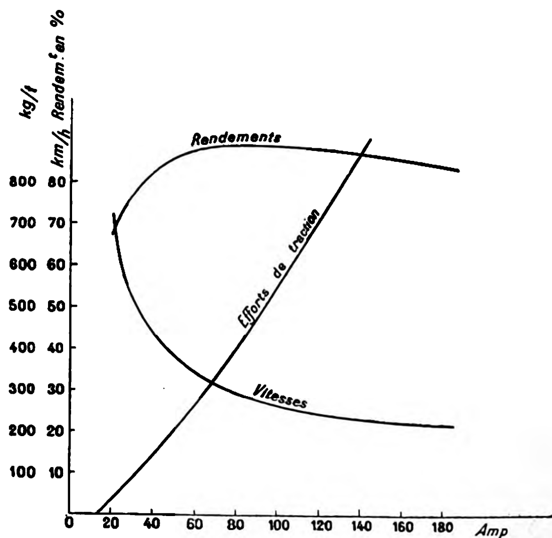


Fig. 7. — Caractéristiques d'un moteur de tramway.

Tramway à 4 moteurs de 60 ch, dont les caractéristiques sont données (*fig.* 7).

Voltage moyen : 500 volts.

Roues de 840^{mm}. Rapport d'engrenage : $\frac{65}{21}$.

Vitesse moyenne entre deux stations : 30 km : h.

Distance moyenne entre deux stations : 750^{m}.

Accélération et retardation pendant le freinage : 2,4 km : h : s ou 0,67 m : s².

Poids total du véhicule : $28^{t},500$.

Profil du parcours (*fig.* 8) :

	Distance.	Rampe.	
	m		
De O à A...	180	1 p. 100	tangent
» A à B...	180	1 p. 100	courbe de 2 degrés
» B à C...	390	de niveau	tangent

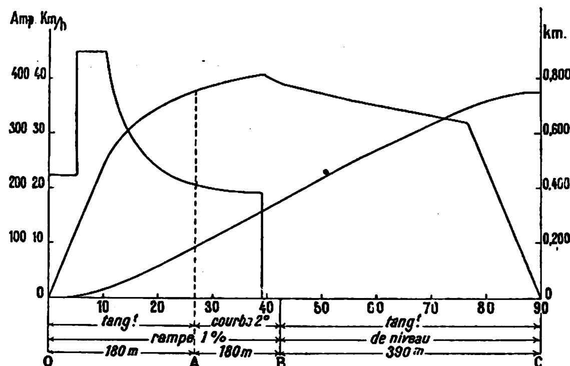


Fig. 8.

On forme le Tableau suivant :

	Distance.	Rampe en pour 100.	Courbe.	Rampes équivalente en pour 100.	Rampes totale en pour 100.
	m				
O à A...	180	1	0	0	1
A à B...	180	1	2	0,06	1,06
B à C...	390	0	0	0	0
	750				

Calculs préliminaires : *Intensité au démarrage. Accélération sur le contrôleur.* — Pour accélérer une tonne à raison de 2,4 km : h : s ou 0,67 m : sec², il faut exercer un effort de

$$T = \frac{1000}{g} 0,67 = 68^{kg}.$$

Nous admettrons *a priori* pendant toute la période d'accélération du train une résistance moyenne au roulement constante de 5^{kg} par tonne (la vitesse est assez faible); or on a en plus à franchir une rampe de 1 pour 100, d'où une résistance additionnelle de 10^{kg} par tonne et par suite une résistance totale par tonne de 15^{kg}. Finalement il faut exercer un effort total de $68 + 15 = 83^{kg}$ par tonne pour communiquer au train l'accélération demandée. Cet effort est pratiquement constant pendant la période d'accélération, car il n'y a pas de changements dans la pente ou la courbure, et il produit une accélération pratiquement uniforme.

Nous admettrons comme poids d'inertie du train $P' = 1,12$ P, soit 32^{t}, c'est-à-dire 8^{t} par moteur et par suite un effort par moteur $83 \times 8 = 664^{kg}$, ce qui correspond à un courant par moteur de 112 ampères et une vitesse de 25 km : h. Au delà de cette vitesse, le courant absorbé diminue.

Temps pour atteindre la vitesse 25 km : h. — On a $\frac{dv}{dt} = 2,4$, $dv = 25$, d'où $dt = 10,4$ secondes.

Distance parcourue. — La vitesse moyenne est 12,500 km : h, d'où la distance de $36^{m},2$ parcourue pendant les 10,4 s.

Temps total du parcours : $\frac{750 \times 3600}{30000} = 90$ secondes.

Courbes des coefficients différentiels (*fig.* 1). *Courbe* M. — On a l'équation

$$\frac{dv}{dt} = 0,03532 \frac{T}{P'},$$

d'où la droite

$$\frac{dv}{dt} = 0,03532 \times 83 = 2,92,$$

que l'on trace jusqu'à l'abscisse 25. Au delà on se reporte pour chaque point aux caractéristiques du moteur; on trouve ainsi par exemple

I.	v.	T (par moteur).	$\frac{dv}{dt}$.
96	27	540	2,38
77	30	385	1,70
64	33	300	1,32
..	..	...	....

Courbe R. — On a les équations

$$\frac{dv}{dt} = 0,03532 \frac{P}{P'} r$$

ou

$$\frac{dv}{dt} = 0,0315 r,$$

car

$$P' = 1,12 P$$

et

$$r = \frac{24}{\sqrt{P}} + 0,0093 v + 0,0038 \frac{s}{P} v^2$$

ou

$$(r) \qquad r = 4,5 + 0,0093 v + 0,00183 v^2,$$

car

$$s = 10, \qquad P = 28,5.$$

On obtient ainsi pour

$$v = 5, \quad 10, \quad 15,$$
$$r = 4,6, \quad 4,72, \quad 4,94, \quad \ldots,$$
$$\frac{dv}{dt} = 0,145, \quad 0,148, \quad 0,155, \quad \ldots.$$

Courbe Q. — On a l'équation

$$\frac{dv}{dt} = 0,03532 r,$$

qui donne pour

$$v = 5, \quad 10, \quad 15, \quad \ldots,$$
$$\frac{dv}{dt} = 0,162, \quad 0,166, \quad 0,174, \quad \ldots.$$

Démarrage. — Au démarrage la résistance au mouvement est notablement plus élevée que celle qui serait donnée par la formule (r) ci-dessus. Nous avons admis comme résistance initiale au démarrage 9^{kg} par tonne et utilisé la courbe donnée par l'équation (r) à partir de la vitesse de 2 km : h environ.

Droites des pentes réelles et équivalentes. — On a

$$\frac{dv}{dt} = 0,03532\,\frac{P}{P'}\,i = 0,0315\,i,$$

d'où

$$\frac{dv}{dt} = 0,315 \quad \text{pour la rampe de 1 pour 100} \quad (i = 10)$$

et

$$\frac{dv}{dt} = 0,334 \quad \text{pour la rampe de 1,06 pour 100} \quad (i = 10,6).$$

2. Courbes des inverses des coefficients différentiels (*fig.* 2). Courbe des vitesses (*fig.* 8). *Accélération.* — La courbe est la droite $\frac{dv}{dt} = 2,4$ jusqu'à la vitesse 25 km : h correspondant au temps 10,4 secondes et à la distance 36,2, ainsi que nous l'avons vu.

Comme premier point, nous déterminerons celui correspondant à la vitesse 27, c'est-à-dire celui pour lequel on a $\Delta v = 2$ (courbe G, *fig.* 2). Le degré d'approximation obtenu avec $\Delta v = 2$ est suffisant, étant donnée la faible valeur de l'accroissement du temps qui en résulte. On a, d'après les courbes et pour la vitesse moyenne $\frac{1}{2}(25 + 27) = 26$,

$$\frac{dv}{dt} = 2,46 - 0,315 = 2,125,$$
$$dt = 0,9 \text{ seconde.}$$

La distance parcourue pour arriver au point de vitesse 27 est, en prenant une vitesse uniforme égale à la vitesse moyenne $\frac{27 + 25}{2} = 26$,

$$\frac{26\,000}{3600} \times 0,9 = 6^m,5.$$

Le temps total pour arriver à ce point est

$$10,4 + 0,9 = 11,3 \text{ secondes,}$$

et la distance totale parcourue depuis l'origine est

$$36,2 + 6,5 = 42^m,7,$$

et ainsi de suite; le second point calculé sera par exemple celui pour lequel

$$\Delta v = 2, \quad v = 29, \quad \ldots.$$

Nous arrivons ainsi au point correspondant à la distance de 180^m, vitesse 37,5 km : h et temps 26,75 secondes, où le tramway entre dans la section comprenant en plus de la pente 1 pour 100 la courbe de 2°; la pente totale équivalente est 1,06 pour 100 et le coefficient différentiel correspondant $\frac{dv}{dt} = 0,334$. Prenons le point suivant à 38,5 km : h, $\Delta v = 1$ (courbe A). On a pour la vitesse moyenne 38

$$\frac{dv}{dt} = 0,70 - 0,334 = 0,366,$$
$$dt = 2,75,$$

Distance............	$\frac{38\,000}{3600} \times 2,75 = 29^m$
Temps total.........	$26,75 + 2,75 = 29^s,50$
Distance totale.......	$180 + 29 = 209^m$

et ainsi de suite. A la fin, nous avons réduit les accroissements à 0,500, puis 0,200, enfin 0,100.

Retardation. — Pour déterminer le point auquel la retardation sans freinage commence, nous tracerons d'abord la droite de freinage. Nous supposerons que l'on veuille commencer le freinage à la vitesse de 32 km : h. La distance parcourue pendant cette période est

$$\frac{\overline{32}^2}{7200 \times 2,4} = 0,0593 \text{ km.}$$

Tout le freinage se fera donc pendant que le véhicule est dans la troisième section du parcours (de niveau et sans courbe).

La durée du freinage à la vitesse moyenne de 16 km : h est

$$\frac{0,0593}{16\,000} \times 3600 = 13^s,35.$$

Le freinage commencera donc au temps

$$90 - 13,35 = 76,65$$

et à la distance de l'origine

$$750 - 59,3 = 690^m,7.$$

Retardation sans freinage. — Le premier point déterminé est celui pour lequel

$$v = 33 \text{ km : h}, \quad \Delta v = 33 - 32 = 1.$$

La courbe des coefficients à utiliser est la courbe Q. On a pour $v = 32,5$

$$\frac{dv}{dt} = 0,22,$$
$$dt = 4,5,$$

Distance..........	$\frac{32\,500}{3600} \times 4,5 = 40^m,6$
Temps de l'origine..	$76,65 - 4,5 = 72^s,15$
Distance de l'origine.	$690,7 - 40,6 = 650^m,1$

et ainsi de suite. Nous arrivons au point dont la distance de l'origine est 360^m, vitesse 39 km : h, temps 42,5 se-

condes à partir duquel nous sommes dans la section à rampe de 1 pour 100 et courbe de 2°. Le premier point déterminé ensuite est celui pour lequel $v = 40^{km}$, $\Delta v = 1$. On a pour la vitesse moyenne 39,5

$$\frac{dv}{dt} = 0,24 + 0,334 = 0,574,$$

$$dt = 1,75,$$

Distance............. $\frac{39\,500}{3600} \times 1,75 = 19^m,2$

Temps de l'origine.... $42,5 - 1,75 = 40^m,75$

Distance de l'origine.. $360 - 19,2 = 340^m,8$

et ainsi de suite jusqu'à ce que l'on rencontre la courbe d'accélération. La courbe des distances que l'on continue à construire doit se raccorder avec la portion déjà construite.

RENÉ MARTIN,
Ingénieur des Arts et Manufactures,
Schenectady, New-York (États-Unis).

Résultats d'essais effectués sur le Lancashire and Yorshire Railway (*Bulletin de la Société belge d'Électriciens*, novembre 1909, p. 721). — D'après des expériences faites sur le Lancashire and Yorkshire Railway, et rapportées par M. Aspinall, à l'Institute of Mechanical Engineers, les consommations d'énergie d'un convoi électrique à deux automotrices et deux remorques, pesant 143,275 tonnes et ayant 248,5 pieds de longueur, au démarrage seraient les suivantes :

Moteurs en série (8 moteurs de 150 chevaux, 4 par automotrice); kilowatts moyens, 230; dépense, 0,638 kilowatt-heure; pertes dans les rhéostats, 71,30 pour 100.

Moteurs en parallèle : kilowatts moyens, 883; dépense, 2,27 kilowatts-heure; pertes, 27,10 pour 100.

D'autres essais, sur l'accélération et la résistance, ont fait voir que la vitesse maximum pour un tel équipement est de 49,25 milles à l'heure; la vitesse de 10 milles est atteinte en 7,5 secondes; celle de 20, en 15 secondes; de 30, en 29 secondes; de 40, en 65 secondes.

Après 1,5 minute, la vitesse était de 43,75 milles; après 2 minutes, de 46,5; après 2,5, de 48,2; après 3, de 49,2.

Quant aux résistances du train, elles se chiffraient, en livres par tonne, à

6,5, 6, 6,5, 7,25, 8,5, 9,25, 10, 11 et 12,

pour une vitesse, en milles par heure, de

5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 et 45.

Voici, d'autre part, quelques chiffres concernant les frais d'entretien de l'équipement.

A la fin de 1908, le matériel du réseau en question comprenait 64 voitures, avec 228 moteurs.

Dépenses :

Salaires, total : 4,362 £, ou 0,191 penny par voiture-mille;

Frais de matériel, total : 3,119 £, ou 0,136.

Les frais se montaient, au total, par moteur, à 32,8 £.

La dépense d'huile, pour le graissage, était de 0,777 gallon par 1000 voitures-milles.

Les automotrices fournissaient, en moyenne, 48 598 milles par an; les balais de moteurs fournissent 10900 milles; les armatures, 171030; les paliers d'armature, 87100; les frotteurs, 10200; les sabots de frein, 2680; les collecteurs s'usent de 0,003 pouce par 1000 milles, ce qui correspond à une durée de 12 ans.

DIVERS.

Funiculaire électrique du Sacro Monte de Varese (Lombardie) (*Ingegneria Ferroviaria*, 1er septembre 1909). — Ce funiculaire, inauguré le 6 mai dernier, fait suite à une ligne de tramways à simple adhérence, construite pour relier la station de départ du funiculaire au réseau urbain.

Le tramway se raccorde au réseau urbain à la station de la Prima Cappella à la cote $569^m,30$ et se termine à la station de Vellone à $630^m,90$. Sauf un tunnel de 106^m, cette ligne, qui se développe à flanc de coteau sur une longueur de 1260^m, ne comporte pas de travaux d'art importants. La pente moyenne est de 5,68 pour 100 avec un maximum de 6 pour 100; le rayon des courbes varie de 50^m à 400^m. Les voitures automotrices sont actionnées par deux moteurs de 35 chevaux avec courant continu à 550 volts.

Le funiculaire part du terminus du tramway à la cote 630,90 et atteint la station de Santa Maria del Monte à 798^m. La longueur en plan est de $345^m,50$; développée, elle est de 384^m. Le profil en long affecte la forme d'une cycloïde donnant, pour faciliter le démarrage, une pente croissant de 40,50 pour 100 au départ, à 56,48 pour 100 à l'arrivée. La presque totalité de la voie est en remblai; elle est posée sur des murs au haut des viaducs. A la station supérieure sont installées les poulies de renvoi, les poulies motrices et deux groupes triphasés de 70 chevaux à 550 volts. Les deux voitures, à deux essieux, peuvent contenir chacune soixante personnes et environ 100^{kg} de petits bagages. Une poulie fixée au châssis sert de prise du courant d'éclairage des voitures, à 40 volts continu, transmis le long de la voie par un conducteur posé sur des isolateurs.

Un frein automatique, constitué par des mâchoires serrant entre elles le champignon du rail, détermine l'arrêt des voitures en cas de rupture du câble avant que la voiture ait pu parcourir $0^m,50$ sur la pente la plus rapide. Le mécanicien a, à sa disposition, deux freins, l'un à sabots, l'autre qui peut agir automatiquement quand la vitesse de la voiture dépasse un maximum prévu, ou quand la voiture tend à dépasser les limites fixées. Par mesure de précaution, chaque matin, en prenant le service, le personnel fait un voyage d'essai au cours duquel tous les appareils de sécurité sont mis en fonctionnement.

ÉLECTROCHIMIE ET ÉLECTROMÉTALLURGIE.

OZONE.

Nouveautés sur la production électrique de l'ozone, par le Dr OSCAR KAUSCH (*Elektrochemische Zeitschrift*, t. XVI, juillet, août, septembre 1909, p. 95, 129, 161). — William Elworthy a antérieurement imaginé (brevet allemand 120173) un appareil à ozone comprenant un récipient divisé dans lequel on a introduit un nombre déterminé d'éléments ozoneurs, chaque élément consistant en un tube diélectrique et un conducteur intérieur et extérieur ne touchant pas ce tube.

Cet appareil a été perfectionné depuis (brevet allemand 156531) par l'addition autour de chaque élément d'un autre tube diélectrique dans le but de permettre à l'air déjà ozonisé en partie par son passage à travers l'élément de s'écouler entre le tube diélectrique et le conducteur extérieur, de façon à pousser plus loin l'ozonisation.

Une nouvelle invention du même auteur (brevet allemand 199032) a pour objet un appareil permettant d'atteindre un plus haut degré d'ozonisation sans dépenser plus de courant. On dispose, les uns dans les autres, plusieurs éléments consistant en un tube diélectrique avec conducteur intérieur ou extérieur, et cela de telle façon que le conducteur extérieur d'un diélectrique forme le conducteur intérieur du tube voisin qui l'entoure. La figure 1 représente une coupe partielle de l'appareil montrant un élément. Les tubes diélectriques *a*, *b*, *c* sont concentriques. Dans *a* est suspendue la baguette métallique *d*. Les trois tubes sont entourés des conducteurs *f*, *g*, *h* enroulés en spirale et sont fixés à l'aide des trois chapeaux *i*, *k*, *l* entre les cloisons *m*, *n* et *o* du récipient *p*. Les conducteurs *d* et *g* sont reliés à la borne *q*; les conducteurs *f* et *h* à l'autre borne *r*. L'air à ozoniser entre par l'ouverture *s* et suit le chemin indiqué par les flèches.

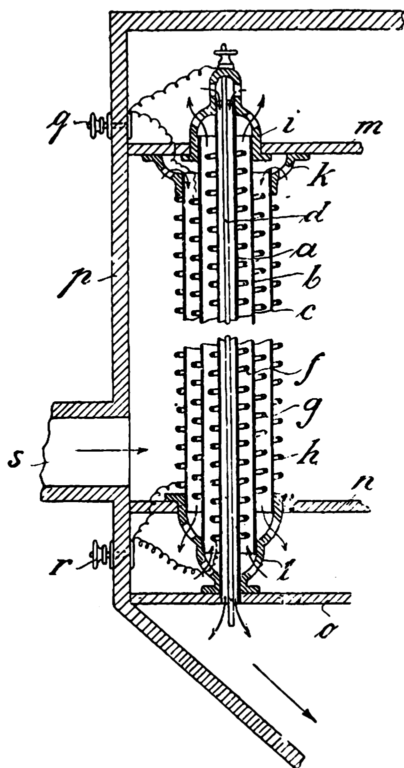


Fig. 1. — Ozoneur Elworthy.

Un ozoneur simple, imaginé par J.-E. Richardson et J.-A. Vaughan, est décrit dans le brevet anglais 13342 de 1907. Celui-ci consiste en un tube cylindrique qui forme une électrode pendant que l'autre électrode est constituée à l'aide d'un fil, baguette ou tube placé intérieurement dans l'axe. En disposant l'ozoneur dans le circuit électrique, on produit des effluves qui ozonisent l'air circulant dans le tube. La figure 2 représente l'appareil en coupe. 1 est le tube en aluminium; 2 l'électrode en forme de fil. Les extrémités du tube sont isolées par les tubes 3 en terre qui portent les bornes 4 et les pièces de contact 5. Des pieds en terre 7 supportent l'appareil. Des bornes 6 relient le tube à l'autre pôle de la source électrique. Un ventilateur envoie de l'air froid et sec dans l'appareil. Celui-ci peut comprendre plusieurs tubes semblables traversés successivement par l'air à ozoniser.

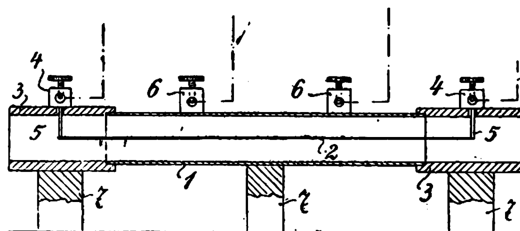


Fig. 2. — Ozoneur Richardson et Vaughan.

L'appareil de Wood, de Philadelphie (brevet américain 882510), est caractérisé par la distribution uniforme des décharges. Il est représenté en figure 3. La chambre 1, munie d'un tube d'arrivée d'air 2, laisse passer par une ouverture 3 et un isolateur 4 le conducteur 5 en contact par les pièces 6 avec les baguettes métalliques 7. Ces baguettes passent dans les ouvertures 9 munies de chapeaux 8 qui terminent les tubes 10. Les autres extrémités de ces tubes débouchent dans une chambre 12 munie d'un tube de dégagement 14 de l'air ozonisé. Des disques 15, libres dans

les tubes 10, servent à maintenir les baguettes 7 qui portent des balais de nickel 17 constitués par un support en cuivre recouvert de nickel.

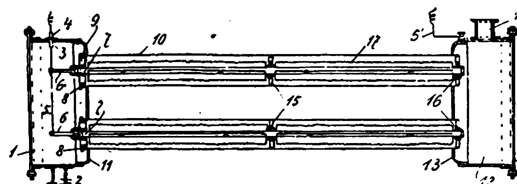


Fig. 3. — Ozoneur Wood.

H.-N. Potter (brevet américain 905361) construit un ozoneur simple basé sur ce principe que l'ozone se produit en grande quantité aussitôt qu'un courant électrique traverse un tube fermé entouré d'air et construit en matière perméable aux rayons ultra-violets. Le tube est en quartz et reçoit deux électrodes dont une en matière volatile comme le mercure (en petite quantité). Ce tube est entouré d'une enveloppe non perméable aux rayons ultra-violets et dont la paroi interne est polie. L'appareil est représenté en figure 4. Le tube de quartz 1

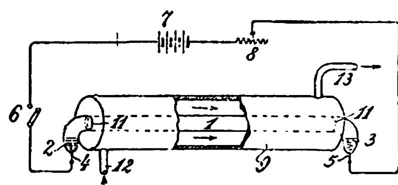


Fig. 4. — Ozoneur Potter.

est muni des deux électrodes 2 et 3. L'une de ces électrodes est en fer, l'autre en mercure; mais on peut aussi prendre deux électrodes en mercure. Ces électrodes sont en relation avec la source 7 par les conducteurs 4, 5. Le tube à ozone est entouré d'un tube 9 en argent, verre ou autre matière réfléchissante. L'air arrive par 12 et sort ozonisé en 13. Pendant son passage, il est soumis à l'action des rayons ozonisants du tube 1. Le tube 9 peut être muni d'une double enveloppe pour la circulation d'un liquide froid.

La figure 5 représente un ozoneur de la Gerard Ozone Process Company (brevet français 386136). Cet appareil doit donner un bon rendement en ozone et être à l'abri de troubles en exploitation. Il consiste en deux tubes de verre 8 et 9, ce dernier ouvert en haut et fermé en bas. Le tube 8 est suspendu à l'intérieur du tube 9 et fixé à l'aide d'un joint dans l'extrémité conique 10 de ce dernier. Il touche le tube 9 par les saillies 11 et est muni à la partie supérieure d'un tube 12 d'arrivée d'air ou d'oxygène. Ce gaz s'écoule par l'extrémité inférieure ouverte, puis remonte dans l'espace 13 formé entre les deux tubes et est soumis à l'action des décharges électriques. A l'état ozoné, il se dégage par le tube 14. L'électrode centrale 15 en forme tubulaire est en métal léger; sa surface externe est polie. L'intervalle annulaire entre 15 et 8 est rempli d'une matière isolante (amiante, paraffine, etc.), pour empêcher le passage du gaz. Le tube 15 est ouvert en haut et en bas, de sorte qu'il est traversé par le gaz à ozoniser, ce qui permet un refroidissement de l'électrode. L'autre électrode 17 est placée sur le tube 9 et consiste en un cylindre en métal léger, à surface intérieure polie. Le courant arrive par les conducteurs 21 et 22.

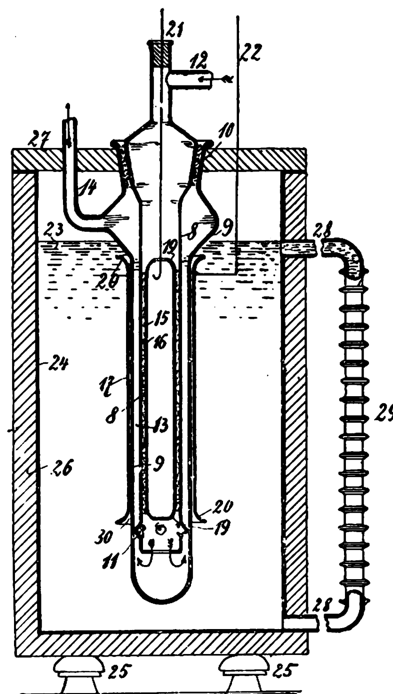


Fig. 5. — Ozoneur Gérard.

L'ozoneur entier est plongé dans un bain d'huile 23 de grande capacité diélectrique et renfermée dans le récipient métallique 24 isolé du sol par les isolateurs 25. Le récipient peut être placé dans une caisse en bois 26 avec

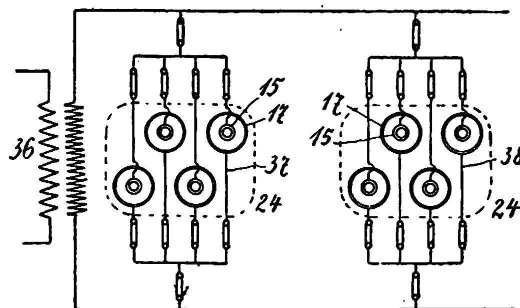


Fig. 6 — Ozoneur Gérard.

couvercle 27. Le tube 28 et le radiateur 29 servent au refroidissement. L'huile forme joint entre l'électrode 17 et le tube 9 et empêche l'introduction de bulles d'air entre la surface du tube métallique et celle du tube de verre. Elle constitue un diélectrique entre l'électrode extérieure et la chambre d'ozonisation. On dispose plu-

sieurs ozoneurs dans un récipient 24 (*fig.* 6) et on les relie à un tranformateur 36.

L'appareil G. Erlwein (brevet allemand 200302) est caractérisé par l'emploi de pôles en peroxyde de plomb, peroxyde de manganèse, oxydes de fer ou de plomb, sous forme massive ou sous forme de dépôts sur un support convenable. Des recherches ont montré en effet que de tels pôles sont très résistants à l'air ozoné et très appropriés à la production de l'ozone. L'emploi de ces électrodes évite les inconvénients provenant des actions corrosives dues aux décharges électriques et à l'ozone, inconvénients que n'empêche pas complètement le dépôt sur les électrodes métalliques d'émail, laque ou résine.

L'ozoneur J. Steynis et Henri Chaumat (brevet allemand 205532) comprend des électrodes en forme de plaques unies et des plaques diélectriques disposées entre elles. L'appareil reçoit des décharges obscures ininterrompues. Avec ce genre de décharges, il est difficile de disposer les pièces isolantes servant à maintenir l'écartement des électrodes de façon qu'elles soient en dehors du champ des décharges sans augmenter outre mesure l'espace non actif sur le chemin de l'air à ozoniser. Dans le brevet en question, on y parvient en plaçant ces pièces isolantes en regard des bords supérieur et inférieur des électrodes, le bord inférieur pénétrant dans une rainure de la pièce isolante.

Comme le montre la figure 7, l'ozoneur comprend

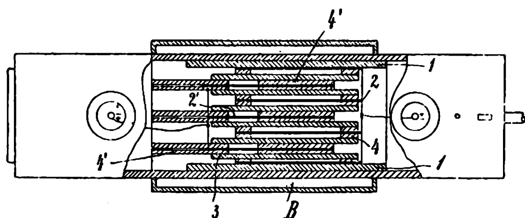


Fig. 7. — Ozoneur Steynis et Chaumat.

une longue caisse métallique rectangulaire avec parois extrêmes qu'on peut écarter. Les parois longitudinales sont garnies de plaques de verre 1, et la partie moyenne de la caisse est entourée d'une enveloppe de refroidissement B avec entrée et sortie du liquide réfrigérant. 2 et 2' sont les plaques métalliques reliées respectivement aux deux bornes. Ces plaques sont isolées par des plaques de verre 3 et des intervalles d'air et sont maintenues en haut et en bas par des blocs de porcelaine 4, dans les rainures desquels s'engagent leurs extrémités. Les blocs sont fixés aux supports. Les plaques métalliques 2' forment un ensemble mobile qui peut glisser plus ou moins entre les plaques 2, de façon à faire varier la longueur du champ de décharge. Dans ce but, elles sont guidées par leurs bords supérieur et inférieur dans les rainures de longueur correspondante des blocs de porcelaine 4' également fixés aux supports.

L'ozoneur J. Richardson Craig Junior (brevet anglais 8036 de 1907) est caractérisé par des électrodes en forme de fils ou de ressorts en spirale disposés sur les deux côtés de plaques en verre ou en micanite.

L'ozoneur construit par B. Jirotka (brevet anglais 6453 de 1908) comporte également un diélectrique en verre, porcelaine ou micanite. Il consiste en deux plaques isolantes 2 et 3 (*fig.* 8 et 9) présentant

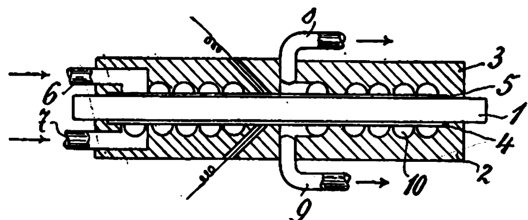


Fig. 8. — Ozoneur Jirotka.

des rainures en spirale 10 et s'appliquant contre les conducteurs en toile métallique 4 et 5 de la plaque diélectrique 1, conducteurs qui sont reliés aux deux

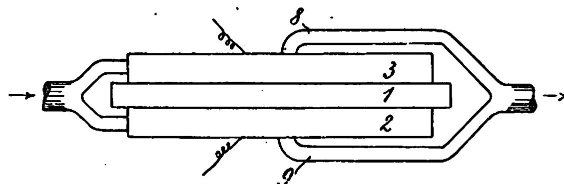


Fig. 9. — Ozoneur Jirotka.

pôles. Les tubes 6 et 7 et 8 et 9 servent à l'arrivée et au départ de l'air qui s'ozonise par son passage dans les rainures en spirale sous l'action des décharges des courants à haute tension utilisés.

La figure 10 représente l'appareil Siemens Brothers and C° Limited, de Westminster (brevet anglais 6105

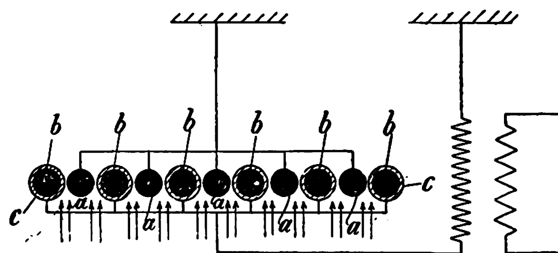


Fig. 10. — Ozoneur Siemens.

de 1908). Il consiste en baguettes métalliques *a* disposées entre des baguettes *b* en métal recouvert d'un diélectrique *c*. Les baguettes *a* et *b* sont reliées respectivement aux deux pôles de la source électrique et fixées sur un cadre. Ces cadres sont placés dans une conduite d'air de telle sorte que la circulation de l'air se fait entre les baguettes, comme l'indiquent les flèches.

Dans ces conditions, il n'est pas nécessaire de refroidir les électrodes à l'aide d'une circulation d'eau.

J.-J.-Z. Douzal (brevet français 391368) a construit un appareil à ozone pour usage hygiénique, médical et industriel. Cet appareil (*fig.* 11) comprend un tube métallique T en aluminium, entouré d'un serpentin en

verre S portant un ruban métallique B. Ce tube représente une des électrodes et est muni sur toute sa longueur d'ouvertures H. Chaque ouverture porte une

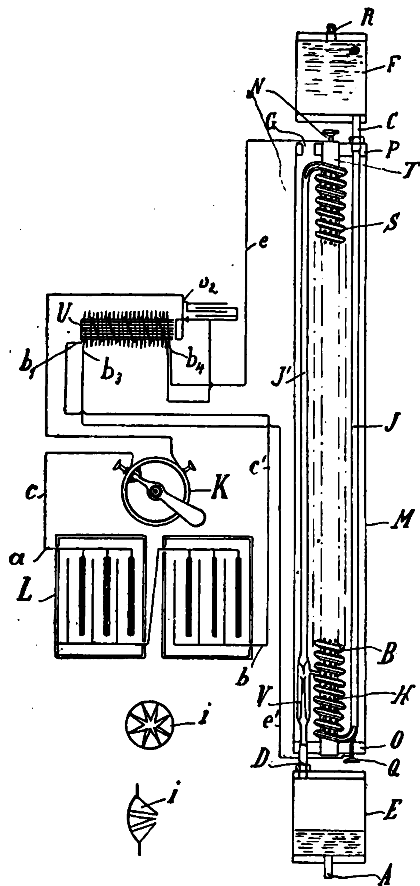


Fig. 11. — Ozoneur Douzal.

série de fils i repliés en forme de cône, comme on le voit sur la figure. Le tube T est fermé à ses deux extrémités et muni, à la partie supérieure, de la borne N en relation avec un des pôles de la source. La bande métallique en aluminium portée par le serpentin constitue l'autre électrode; elle est reliée à la borne Q. Entre le serpentin et l'électrode centrale, existe un intervalle annulaire régulier. Les deux extrémités du serpentin communiquent aux tubes de verre J et J'. Ce dernier est relié à la trompe V qui aspire l'air de l'intérieur du tube T à l'aide d'une petite tubulure latérale. Le tout est enfermé dans un tube de verre M fermé en haut par un couvercle approprié P qui présente, outre les ouvertures nécessaires au passage de l'électrode T et du tube J, une ouverture plus large G. La fermeture inférieure O ne présente aucune ouverture. Au-dessus du tube M se trouve un filtre F avec conduites R et C d'amenée et de départ, et qui sert à la filtration du liquide à traiter par l'ozone. Un autre filtre E avec conduites A et D se trouve à la partie inférieure. Naturellement, on peut ne se servir que de l'un ou de l'autre de ces filtres, suivant les circonstances. Dès qu'on ferme l'interrupteur K, les décharges se produisent entre la bande métallique B et le tube T, le serpentin de verre formant diélectrique. Si on laisse alors l'eau ou le liquide couler dans le tube J et le serpentin S, l'eau s'ozonise par son passage dans ce serpentin, parvient par J' à la trompe qui aspire l'air extérieur entrant par G. Cet air traverse i et se mélange à l'état ozonisé avec le liquide qui s'ozonise une deuxième fois en V. Dans la figure, on voit en L les accumulateurs qui alimentent le primaire d'une bobine d'induction U dont le secondaire est en relation avec les bornes N et Q de l'appareil.

L'ozoneur de la Compagnie de l'Ozone (brevet français 390665) est caractérisé par un électrode consistant en aiguilles métalliques. Comme le montre la figure 12,

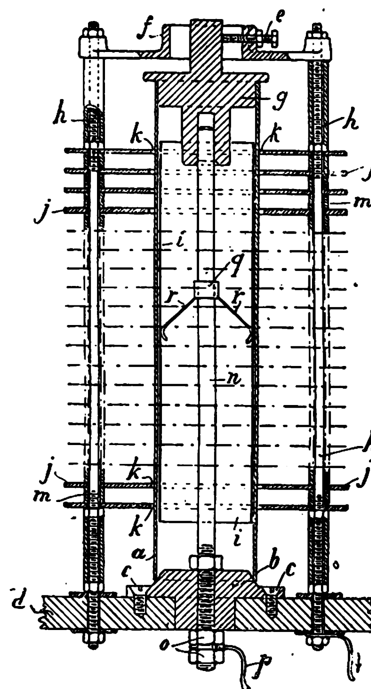


Fig. 12. — Ozoneur de la Compagnie de l'Ozone.

l'appareil comprend un tube de verre a qui repose sur une pièce conique b fixée à l'aide de vis c à la plaque de bois supérieure d d'un transformateur à haute tension. En haut, le tube a est fermé par le couvercle g en ébonite fixé à une couronne f par trois vis centrales e. La couronne f est elle-même fixée à la plaque d par les supports métalliques h. Une feuille d'étain ou d'aluminium i recouvre la paroi interne du tube a. Les deux supports métalliques h portent une série d'aiguilles métalliques j séparées par les pièces intermédiaires m et dont les pointes arrivent tout près de a. Une baguette métallique n porte à son extrémité inférieure les écrous o qui la relient par p au secondaire du transformateur. La feuille i est reliée à ce pôle par l'intermédiaire de l'anneau q et des fils r. Les aiguilles j sont reliées à l'autre pôle. Les décharges électriques

ont lieu entre les pointes *k* et le tube *a* et ozonisent l'air qui s'écoule le long de ce tube.

Pour produire de l'ozone à haute teneur, J. Steynis et H.-J.-E. Chaumat (brevet anglais 18184 de 1908) compriment d'abord l'air ou l'oxygène, puis le laissent se détendre adiabatiquement dans un moteur de compression et enfin soumettent les gaz ainsi fortement refroidis à l'action des décharges obscures dans un ozoneur. Comme, par ce mode de refroidissement, on récupère du travail, le procédé est très économique. Grâce au refroidissement, on peut augmenter l'énergie électrique et obtenir un rendement plus élevé en ozone. Enfin, comme autre avantage, les diélectriques employés dans les ozoneurs résistent mieux aux basses températures.

E. Briner et E. Durand (brevet français 390408) obtiennent l'ozone à l'état liquide en traitant l'oxygène ou l'air à la température de — 90° C. Avec un ozoneur ordinaire, on peut obtenir par kilowatt-heure 11g à 12g d'ozone à — 80° C. et 33g à 190° C. Ces basses températures sont produites à l'aide d'air liquide.

L. J.

Appareil domestique pour l'ozonisation de l'eau potable (*Elektrochemische Zeitschrift*, t. XVI, septembre 1909, p. 165). — Indépendamment des grandes installations de purification d'eau par l'ozone, la firme Felten und Guilleaume-Lahmeyer-Werke fabrique actuellement un petit appareil domestique qui se branche facilement sur les robinets des canalisations et opère la purification de l'eau par l'ozone.

L'appareil comprend un ozoneur électrique et un stérilisateur dans lequel s'effectue le mélange de l'ozone produit et de l'eau de la conduite.

La figure 1 montre l'ensemble de l'appareil. L'ozoneur représenté en coupe consiste en une plaque d'aluminium (Aluminiumplatte) et une plaque de verre (Glasplatte) recouverte d'un dépôt métallique, entre lesquelles se produisent les décharges électriques à haute tension. Celles-ci sont produites par un transformateur dont le primaire est branché sur la canalisation d'éclairage électrique. Transformateur et ozoneur sont enfermés dans une caisse en communication avec la terre de façon à rendre son contact sans danger.

Dès que le robinet de la conduite d'eau est ouvert, le transformateur est mis en circuit par un contact à membrane (Membran-Kontakt). Entre les plaques métalliques surviennent les radiations violettes qui ozonisent l'oxygène de l'air. L'ozone produit est aspiré par un tube étroit (Ozon-Rohr) et arrive à la buse de mélange (Mischdüse). Cet appareil branché sur le robinet est une petite trompe à eau (*fig.* 2 et 3) dans la partie inférieure de laquelle sont disposées plusieurs chambres de mélange. Dans ces chambres communiquant par des cloisons perforées, le mélange d'eau et d'ozone se résout en de nombreux jets et est ainsi pulvérisé. Ce mélange intime est nécessaire à cause du faible temps de contact ; mais il suffit ainsi à tuer sûrement tous les germes de l'eau. Même avec une faible pression d'eau, ce résultat est obtenu. Un essai a montré en effet qu'avec une pression de 1atm le nombre de germes passe de 43000 à 11 par centimètre cube.

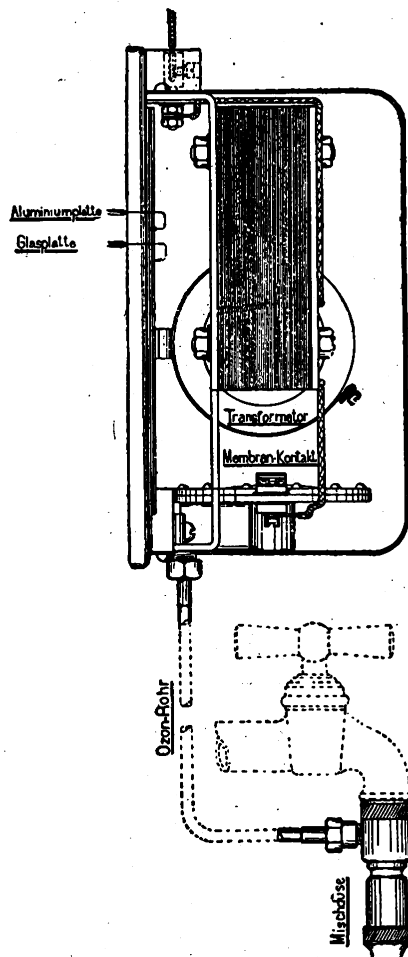


Fig. 1. — Ensemble de l'ozoneur Felten et Guilleaume-Lahmeyer.

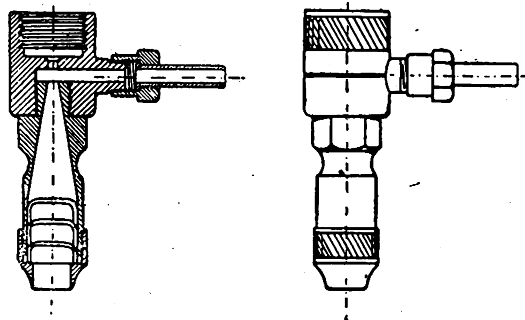


Fig. 2 et 3. — Coupe et élévation du robinet.

La consommation de courant, qui n'a lieu que lorsque le robinet est ouvert, est moindre que celle

d'une lampe de 16 bougies branchée sous 110 volts. L'odeur d'ozone disparaît de l'eau après quelques secondes et la saveur n'est influencée en aucune manière.

De nombreux essais ont été effectués avec cet appareil à l'Institut impérial de thérapie expérimentale de Francfort-sur-Mein.

Dans un essai effectué sur 60[l] d'eau additionnée de 10[cm³] d'une culture de bactéries, on a trouvé, pour une pression de 1[atm],5, 11 200 bactéries par centimètre cube sans ozone, 20 bactéries après 10 secondes d'action de l'ozone et 4 bactéries après 10 autres secondes. A la pression de 2[atm], il ne restait plus que 2 bactéries par centimètre cube. C'est dire que la stérilisation est absolument complète. Toutes les expériences ont montré que les bacilles coli, ceux du choléra, ceux du typhus, etc., sont tous également détruits.

L. J.

ACIDE AZOTIQUE.

La fabrication de l'acide azotique en Autriche, d'après le procédé de la Salpetersäure-Industrie-Gesellschaft (*Zeitschrift für Elektrochemie*, t. XV, 1[er] août 1909, p. 544). — Dans une communication à l'assemblée générale extraordinaire de l'Union des chimistes autrichiens, le D[r] Franz Rusz a donné les renseignements suivants sur le procédé des frères H. et G. Pauling exploité à Patsch, près Innsbruck, par la Société Salpetersäure-Industrie-Gesellschaft, de Gelsenkirchen.

Le procédé repose sur l'emploi d'arcs à flamme éclatant entre des électrodes recourbées comme celles des parafoudres à corne. A chaque demi-période du courant alternatif s'allume à la partie inférieure la plus étroite un arc qui est chassé vers le haut par les gaz chauds. On produit ainsi une véritable flamme qui devient encore plus étendue lorsqu'on souffle entre les électrodes un courant d'air à grande vitesse.

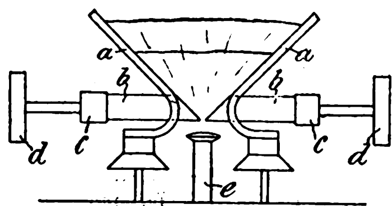


Fig. 1. — Schéma du dispositif Pauling pour la fabrication de l'acide azotique.

Pour la réalisation pratique de flammes qui peuvent absorber plusieurs centaines de kilowatts, il faut considérer qu'il faut rapprocher le plus possible les électrodes dans le bas pour que les quantités considérables d'air soufflé n'apportent pas de troubles et qu'il est nécessaire, à cause de ce violent courant d'air, d'employer une tension excessive qui tombe immédiatement après formation de l'arc.

Pour obtenir des flammes constantes de grande énergie avec la plus faible tension possible, la Société ci-dessus mentionnée emploie le dispositif d'allumage représenté en figure 1. Les électrodes principales *a* possèdent à leurs extrémités inférieures des fentes verticales dans lesquelles coulissent de minces couteaux d'allumage *b* qui sont écartés de quelques millimètres lorsque la flamme brûle régulièrement. Ce mouvement est obtenu par les dispositifs à main *d* reliés aux couteaux par les pièces isolantes *c*. Comme ces couteaux sont très étroits, ils ne troublent pas le mouvement de l'air et l'action de la flamme sur lui. Ce dispositif a fait l'objet du brevet allemand 198241 du 15 janvier 1907 et du brevet autrichien 34029.

Les électrodes principales sont disposées de telle façon qu'un jet d'air de 40[mm] de largeur passe à la partie la plus étroite. La buse *e* qui amène cet air a une forme telle que le courant d'air diverge à la sortie et balaie les électrodes dans toute leur longueur. Grâce à ce dispositif d'allumage, les électrodes principales peuvent être fixées solidement et le réglage de la flamme peut être obtenu très facilement. La flamme brûle très silencieusement; elle rayonne une lumière blanche éblouissante par suite des particules détachées des électrodes.

Pratiquement, la longueur de la flamme atteint 1[m]. Les électrodes sont en fer; elles sont refroidies par circulation d'eau; leur durée moyenne est de 200 heures. Par suite de leur moindre épaisseur, les couteaux d'allumage brûlent plus rapidement.

Le refroidissement des gaz de la flamme se fait par l'emploi d'air dit de circulation qui est envoyé latéralement dans la partie supérieure de la flamme (brevets allemands 193402, 202763, 203747, et brevets autrichiens 27726, 31845, 31846. On obtient ainsi un refroidissement brusque des gaz de la flamme. Cet air de circulation est introduit à une vitesse plus faible que le courant d'air principal; il exerce une action d'aspiration sur l'arc qu'il étire et élargit. Ce moyen de refroidissement permet d'obtenir, dans une grande exploitation, une concentration d'environ 1,5 pour 100 d'oxyde azotique.

Chaque four en maçonnerie renferme deux arcs. Les figures 2, 3 et 4 représentent deux coupes verticales et une coupe horizontale d'un four. La puissance absorbée par four est de 400 kilowatts sous une tension de 4000 volts. Il y passe 600[m³] d'air à l'heure, non compris l'air de circulation. Dans l'usine d'Innsbruck, il y a actuellement en exploitation 24 fours de ce type. Le service est extrêmement simple et un homme peut surveiller jusqu'à 6 fours.

La Société Salpetersäure-Industrie-Gesellschaft a encore un dispositif particulier (brevet allemand 193366 et brevet autrichien 30533) pour mettre en série dans un même circuit plusieurs arcs sans apporter de troubles au fonctionnement de ceux-ci. Les deux arcs en tension dans le même four ont leur pôle commun soigneusement isolé par rapport à la terre et en communication avec un des deux pôles extrêmes par une résistance très élevée. Il en résulte que la tension totale s'exerce sur l'arc qui n'est pas shunté par la résistance. Dès que cet arc s'est amorcé, la tension à ses bornes s'abaisse considérablement et le deuxième arc est alors soumis à une tension presque égale à la tension totale, de sorte qu'il s'allume à son tour. Aussitôt que ce second arc a jailli, le circuit

de la machine se ferme directement sur les deux arcs en tension.

Ce dispositif a encore été perfectionné récemment. Comme la tension d'allumage est beaucoup plus haute que celle de fonctionnement normal, on produit cette tension d'allumage à l'aide d'un circuit auxiliaire à tension très élevée, mais à puissance faible. Par une disposition appropriée, on évite que le circuit auxiliaire

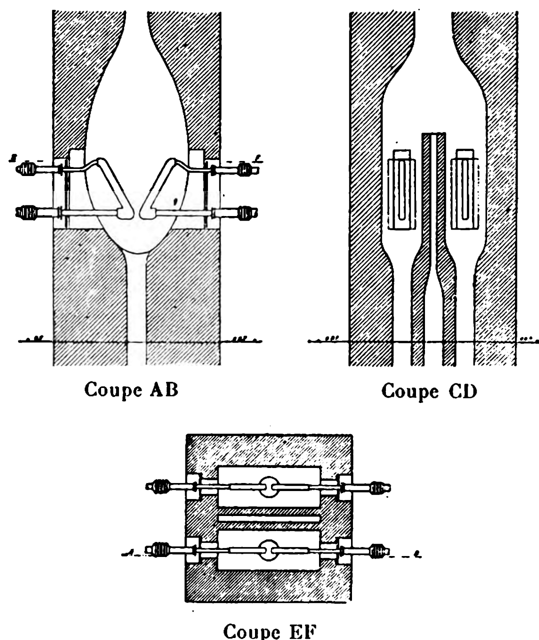


Fig. 2 à 4. — Coupe du four Pauling pour la fabrication de l'acide azotique.

ne décharge dans le circuit principal. Ce mode opératoire permet de mettre en exploitation dans un même circuit le nombre de fours que l'on désire sans qu'un arc trouble les autres. On utilise ainsi à tout instant toute l'énergie disponible.

Les gaz quittent les fours à une température de 700° à 800° C. et sont transformés en acide azotique ou en azotite de sodium. Un problème très important en pratique est l'utilisation rationnelle de la chaleur de ces gaz. On s'en sert pour échauffer préalablement l'air de soufflage et pour concentrer l'acide et l'azotite. La condensation de l'acide azotique se fait dans un système de tubes et de tours d'où l'on retire de l'acide à 35 ou à 40 pour 100. En utilisant la chaleur des gaz, on concentre alors à 60 pour 100, titre de l'acide du commerce.

L'oxyde azotique qui reste encore dans les gaz après l'absorption par l'eau est transformé en azotite de sodium.

Le rendement est de 60g de AzO^3H par kilowatt-heure. Les 24 fours de l'usine d'Innsbruck utilisent une puissance de 15000 chevaux. Deux autres usines de 10000 chevaux, utilisant les mêmes procédés, sont en construction, l'une dans le sud de la France, l'autre dans le nord de l'Italie. L. J.

SOUDE.

Électrolyseur Finlay pour la fabrication de la soude, par DONNAN, BARKER et HILL. Communication faite à la Faraday Society, de Londres (*Electrical Review*, 14 mai 1909). — Cet électrolyseur est du type à deux diaphragmes et se compose essentiellement, pour chaque élément, d'une caisse divisée en deux compartiments contigus et étroits, contenant le premier l'anode en graphite, le dernier la cathode en fer, tandis que celui du milieu renferme l'électrolyte seulement. C'est par ce dernier qu'on fait arriver le courant de solution saline fraîche, qui passe ensuite, des deux côtés, dans les compartiments adjacents, de façon à contrecarrer, dans les deux sens, le transport des ions, qui tendent à se recombiner pour reformer le sel primitif. En pratique, on groupe un certain nombre de ces éléments qu'on assemble à la façon d'un filtre-presse.

Cet appareil a, paraît-il, donné d'excellents résultats industriels, et a permis d'arriver à des rendements de 91 pour 100 par rapport à l'intensité du courant employé, en produisant une lessive contenant 8 pour 100 de soude caustique. On serait également parvenu à ramener à 3 volts par élément, au lieu de 3,50 volts environ, la tension aux bornes de la cuve, ce qui aurait également permis de relever très notablement le rendement en travail dépensé, qui dépassait rarement 60 pour 100 auparavant.

La concentration de la lessive en soude caustique étant poussée jusqu'à 13 pour 100, le rendement rapporté à l'intensité seule du courant serait encore de 81,5 pour 100 avec une différence de potentiel de 3,37 volts par élément.

MESURES ET ESSAIS.

GLISSEMENT DES MOTEURS.

Sur la mesure du glissement. Applications.

1. DÉFINITIONS. — On peut appeler *glissement* la vitesse relative de deux axes tournant d'un mouvement uniforme. Si nous considérons en particulier le rotor d'un moteur asynchrone d'induction, celui-ci présentera un glissement par rapport au champ tournant du stator ou à l'axe de l'alternateur, si les deux machines ont le même nombre de pôles. D'une manière générale appelons

$$\omega' = 2\pi N'$$

la vitesse angulaire de l'alternateur à $2p'$ pôles;

$$\omega_1 = 2\pi N_1$$

la vitesse angulaire du champ tournant du moteur asynchrone à $2p_1$ pôles, alimenté à la fréquence

$$f_1 = p'N' = p_1 N_1;$$
$$\omega_2 = 2\pi N_2$$

la vitesse angulaire du rotor; nous aurons

$$\omega = \omega_1 - \omega_2 = 2\pi N$$

pour la vitesse relative du champ du stator par rapport au rotor, induisant dans l'enroulement de celui-ci les courants secondaires de fréquence

$$f_2 = p_1 N.$$

2. Le glissement relatif g sera donné par les formules suivantes :

$$(1) \qquad g = \frac{N_1 - N_2}{N_1} = \frac{\omega_1 - \omega_2}{\omega_1},$$

$$(2) \qquad g = \frac{N}{N_1} = \frac{\omega}{\omega_1},$$

$$(3) \qquad g = \frac{N}{N_2 + N},$$

$$(4) \qquad g = \frac{f_2}{p_1} : \frac{f_1}{p_1} = \frac{f_2}{f_1},$$

$$(5) \qquad g = \frac{f_2}{p_1 N_2 + f_2}.$$

Ces diverses formules indiquent immédiatement les méthodes de mesure à employer pour la détermination expérimentale du glissement.

Analysons succinctement les diverses méthodes.

3. MÉTHODE DIRECTE. — *a. Emploi du compte-tours.* — On mesure directement N_1 et N_2 au compte-tours et l'on applique la formule (1). N_1 peut s'obtenir en mesurant le nombre de tours de l'alternateur ou d'un moteur synchrone branché sur celui-ci. Si p' est différent de p_1, on aura

$$p'N' = p_1 N_1;$$

on mesurera N', d'où N_1.

Cette méthode donne évidemment une approximation d'autant plus faible que le glissement est faible, d'où la nécessité des méthodes indirectes.

b. Emploi du compte-tours différentiel. — On a construit d'après divers principes (*fig.* 1 et 2) des compte-tours donnant directement la valeur $N_1 - N_2$.

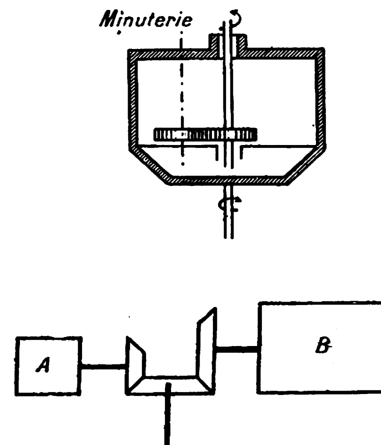


Fig. 1 et 2. — Compte-tours différentiels donnant directement la différence entre les vitesses angulaires du champ tournant et du rotor : $N_1 - N_2$.

Il faut disposer dès lors de l'arbre de l'alternateur ou d'un moteur synchrone, les axes du compte-tours étant entraînés par un flexible. L'usage de ces appareils donne lieu à des complications; je ne les cite donc que pour mémoire.

4. MÉTHODE STROBOSCOPIQUE. — Le principe de la méthode stroboscopique est bien connu. On colle sur l'extrémité de l'arbre du moteur asynchrone un disque portant $2p_1$ secteurs noirs sur fond blanc (*fig.* 3) et on l'éclaire à l'aide d'une lampe à incandescence à filament métallique alimentée à la fréquence f_1. Si l'axe tournait au synchronisme, les secteurs paraîtraient immobiles. Dans le cas présent, nous les verrons tourner en sens inverse du mouvement de l'axe; comptons 0, 1, 2, ..., a passages des divers secteurs devant un point fixe de l'espace, pendant un temps t donné par un chronoscope. Chaque passage correspondant à un retard de l'arbre d'un angle $\frac{2\pi}{2p_1}$, par rapport au synchronisme, la vitesse

du mouvement relatif sera

$$\omega = \frac{2\pi}{2p_1}\frac{a}{t},$$

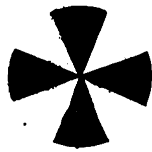


Fig. 3. — Disque stroboscopique ayant autant de secteurs noirs que le moteur a de pôles.

et le glissement donné par la formule (2) sera donc

$$g = \frac{2\pi}{2p_1}\frac{a}{t\omega_1} = \frac{2\pi N_1}{2p_1 N_1 \omega_1}\frac{a}{t} = \frac{1}{2}\frac{a}{f_1 t}.$$

On connaît le nombre de pôles du moteur, donc le nombre de secteurs noirs à dessiner sur le disque; on a la fréquence d'après le nombre de tours et en appliquant la formule

$$_1 = p_1 N_1.$$

Cette méthode est indiquée pour les petits moteurs pour lesquels l'application d'un compte-tours peut augmenter le glissement.

5. VARIANTE. — Le dispositif expérimental préconisé par Kapp est représenté par la figure 4 (¹). Un disque A muni d'une petite fenêtre O peut tourner devant un écran opaque B présentant une plage transparente O_1, pouvant être éclairée par un arc L alimenté à la fréquence f_1. Si nous supposons que le disque tourne au synchronisme, nous aurons un éclair chaque fois que O sera en face de O_1 si nous nous sommes arrangés de

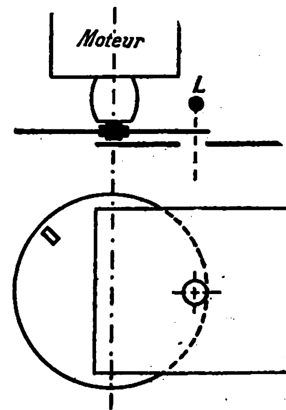


Fig. 4. — Disque stroboscopique à une seule fente, d'après G. Kapp.

manière qu'au même moment l'éclat de l'arc passe par son maximum. Si l'axe présente du glissement, le maximum d'éclat tournera sur le disque fixe avec la vitesse angulaire ω et donnera un éclair chaque fois qu'il passera devant la plage O_1. Les éclairs se suivront donc à des intervalles égaux à $\frac{2\pi}{\omega}$. Or ceux-ci peuvent être observés. Si l'on en compte a pour un temps t, nous aurons

$$\frac{2\pi}{\omega} = \frac{t}{a}, \qquad \omega = \frac{2\pi a}{t},$$

$$\omega = g\omega_1, \qquad g = \frac{p_1}{f_1}\frac{a}{t}.$$

Remarque I. — La limite d'application des méthodes stroboscopiques est donnée par la possibilité de compter les éclats. Si nous fixons cette limite à 3 par seconde, pour une machine à 4 pôles, le premier dispositif permet de mesurer des glissements de 3 pour 100, le second de 12 pour 100 à la fréquence 50. On peut d'ailleurs atteindre la même limite avec le procédé stroboscopique ordinaire en se servant d'un disque à un seul secteur. Pour l'application de la méthode de Kapp, on doit se servir d'une lampe très bien réglée, enfermée dans une enceinte noircie. L'observation est fatigante et l'appareillage relativement compliqué.

Remarque II. — Ces méthodes s'appliquent aux moteurs avec ou sans bagues. Ce sont en somme des méthodes différentielles de mesure de vitesses par voie optique.

(¹) Ce dispositif a été décrit déjà dans *La Revue électrique* du 15 septembre 1909, p. 194; mais nous devons reconnaître que l'idée première d'utiliser un disque stroboscopique à une seule fente ou un seul secteur revient à G. Benischke, dont on retrouvera la communication dans *La Revue électrique*, t. II, 30 juillet 1904, p. 58. De même Bellini avait indiqué antérieurement (*E. T. Z.*, 1904, p. 730) qu'il employait comme stroboscope un disque portant p fentes équidistantes, $2p$ étant le nombre de pôles du moteur, qu'il éclairait par derrière au moyen d'une lampe à incandescence à filament rectiligne branchée sur le réseau primaire. Ce filament est placé entre les branches d'un aimant permanent et oscille avec la fréquence primaire; si le moteur n'avait pas de glissement, on saisirait le filament toujours dans la même phase de sa vibration; en réalité, à chaque période T, il y a un écart $\frac{2\pi}{p}g$, g étant le glissement, et le filament semble osciller lentement en effectuant une oscillation complète dans le temps $\frac{T}{g}$. Si l'on a compté a oscillations dans le temps t, on a

$$g = \frac{aT}{t} = \frac{a}{ft}.$$

Pour rendre l'observation facile, l'auteur recommande: d'employer un filament très mobile, d'appliquer à la lampe une tension inférieure à la normale pour ne pas fatiguer l'œil, de rendre les lignes de force bien normales à la surface entourée par le filament qui prendrait sans cela un mouvement tournant d'une observation très pénible. Dans un autre dispositif, l'auteur a supprimé l'aimant; en regardant le filament à travers les fentes, son éclat devient pulsatoire et chaque pulsation correspond à un glissement d'un pôle. Pour l'observation, on pousse la lampe et l'on interpose un verre bleu devant l'œil. La formule est alors $g = \frac{a}{2ft}$.

Signalons encore la méthode de Schulze développée aussi dans *La Revue électrique*, t. VIII, 30 juillet 1907, p. 58.

6. Méthodes basées sur la mesure de fréquence f_2. — On appliquera les formules (4) ou (5).

A. *Cas où l'enroulement du rotor est accessible (moteurs à bagues) :*

a. Méthode de l'ampèremètre. — En remarquant que la fréquence f_2 est faible, il suffira pour la mesurer d'insérer, dans un des câbles allant au démarreur, soit un ampèremètre polarisé, soit un ampèremètre à fil

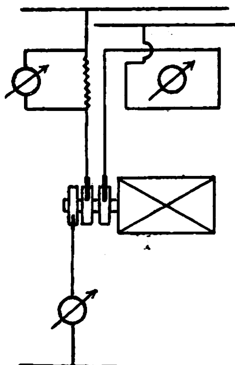


Fig. 5. — Mesure du glissement par la détermination de la fréquence des courants rotoriques au moyen d'un ampèremètre inséré entre le démarreur et les bagues du moteur.

chaud (*fig.* 5) (Schüler, *E. T. Z.*, 1897). Dans le premier cas, si nous appelons a le nombre d'impulsions unilatérales pendant le temps t, on aura

$$f_2 = \frac{a}{t}.$$

Dans le second cas, nous aurons

$$f_2 = \frac{a}{2t}.$$

On peut remplacer le premier appareil par une petite aiguille aimantée dont on limite la course par deux butoirs et qu'on approche du câble ou qu'on entoure par une boucle de celui-ci. On pourrait lester l'aiguille par un petit disque et réaliser ainsi un petit moteur synchrone bipolaire dont le nombre de tours donnera f_2.

b. Emploi du téléphone. — On peut se servir d'un téléphone muni de sa bobine d'induction qu'on approche simplement d'un des câbles du démarreur. En insérant un clapet électrolytique, on n'obtiendra plus qu'un seul bruissement renforcé par période ; on pourra mesurer des glissements plus grands, la formule applicable étant dans ce cas

$$f_2 = \frac{a}{t},$$

a étant le nombre de sonorités maxima.

On a construit de petits transformateurs montés sur pince, pouvant se fixer facilement sur les câbles pour des essais de ce genre [*Mesure des intensités sans couper ou ouvrir le circuit,* etc. (*E. T. Z.*, 1902, p. 843)].

c. Emploi d'un wattmètre. — Si le seul appareil disponible est un wattmètre, on monte la grosse bobine dans le circuit du démarreur et la bobine voltmétrique soit sur une source de courant continu, soit sur les bornes du moteur. Le nombre d'impulsions unilatérales donnera encore la fréquence secondaire.

Ces méthodes ne s'appliquent évidemment plus au cas où le secondaire n'est pas accessible. Cependant la méthode du téléphone réussit parfois en approchant la bobine d'induction du flux de dispersion du rotor.

d. Autres méthodes. — D'autres méthodes sont évidemment applicables pour la mesure de la fréquence secondaire ; mais, comme celle-ci est faible, il vaut mieux ne pas y recourir, puisqu'elles sont plus compliquées que celles exposées plus haut.

B. *Cas où l'enroulement du rotor n'est pas accessible.* — Depuis 1902 je fais usage, au laboratoire d'électricité industrielle de l'Université de Gand, de la méthode de Seibt (*E. T. Z.*, 1902) et variantes que j'ai combinées au cours d'essais de moteurs asynchrones. Ces méthodes utilisent le principe bien connu de l'ondographe d'Hospitalier. Montons sur l'axe du moteur asynchrone un disque de Joubert avec frotteurs fixes et réalisons les connexions de la figure 6 (schéma théo-

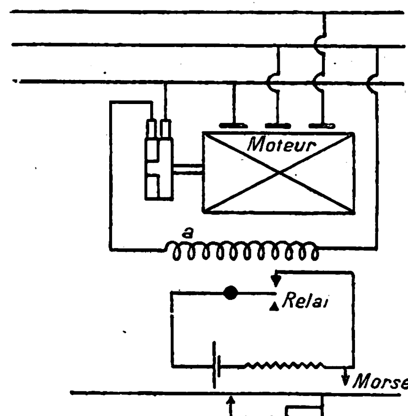


Fig. 6. — Dispositif Seibt pour la mesure du glissement par l'adaptation d'un disque de Joubert sur le moteur asynchrone et détermination de la fréquence du courant primaire envoyé dans a.

rique), comme si nous voulions enregistrer par le voltmètre enregistreur a la forme de la courbe de tension du réseau ; celle-ci s'inscrira d'autant plus rapidement que le glissement du moteur sera plus grand. Pour le démontrer, supposons réalisé le dispositif ordinaire du relevé par points d'une courbe périodique. Le disque de Joubert se trouve sur l'alternateur tournant à la vitesse ω' et nous déplaçons les balais à la main avec la vitesse

$$\omega_0 = 2\pi N_0.$$

La vitesse relative des balais par rapport au disque sera

$$\omega'_2 = \omega' - \omega_0,$$

et, chaque fois que les balais auront décrit l'angle 2π

$\left(\text{dans un temps } \frac{1}{N_0}\right)$ en mouvement absolu, l'enregistreur aura inscrit p' périodes; la fréquence d'inscription d'une période est donc $p' N_0$.

Dans le dispositif à l'étude (*fig.* 6), les balais sont fixes dans l'espace; la vitesse du disque par rapport à ceux-ci est

$$\omega_2 = \omega_1 - \omega.$$

Si le moteur a le même nombre de pôles que la génératrice

$$p_1 = p', \qquad \omega_1 = \omega',$$

la fréquence d'inscription sera

$$p_1 N = p_1 g N_1 = g f_1 = f_2,$$

soit la fréquence des courants rotoriques.

Si le nombre de pôles du moteur est différent de celui de l'alternateur, nous raisonnerons comme suit : le disque possède, par rapport aux balais fixes, une vitesse ω_2. Supposons celui-ci transporté sur l'axe d'un moteur synchrone alimenté à la fréquence du réseau $f = p_1 N_1$ et tournant à la vitesse ω_1, et imprimons aux balais une rotation ω dans le même sens; le mouvement relatif du disque et des balais sera le même. Dans ce mouvement relatif, à chaque tour correspondra l'inscription de p_1 périodes; une période prendra donc un temps $\frac{2\pi}{\omega p_1}$ et la fréquence d'inscription sera donc

$$\frac{p_1 \omega}{2\pi} = p_1 N = p_1 g N_1 = g f_1 = f_2.$$

C. Q. F. D.

Les figures 7 et 8 illustrent très bien le phénomène. Si les balais sont fixes dans l'espace, le disque de Joubert étant monté sur l'axe d'un moteur synchrone, on

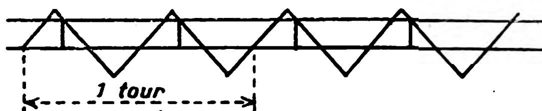


Fig. 7.

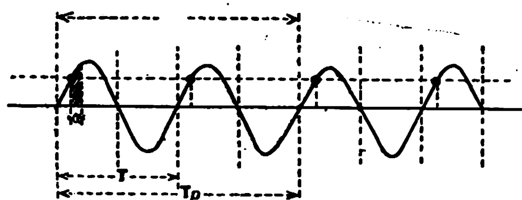


Fig. 7 *a*.

inscrit une ligne droite telle que celle de la figure 7 ou de la figure 7 *a*.

Si les balais sont déplacés avec la vitesse ω ou bien si, ceux-ci étant fixes, on monte le disque sur un axe ayant le glissement ω, on inscrit une courbe telle que la figure 8 *a* dont la période est

$$2\frac{2\pi}{2p\omega} = 2\frac{2\pi}{2pg\,2\pi N_1} = \frac{1}{f_1 g} = \frac{T_1}{g}$$

et la fréquence

$$\frac{g}{T_1} = g f_1 = f_2.$$

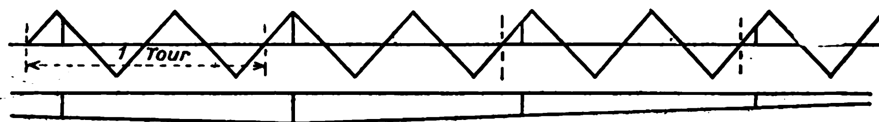


Fig. 8.

La forme de cette courbe nous important peu, nous remplacerons l'enregistreur par un dispositif permettant de déterminer cette fréquence, faible d'ailleurs.

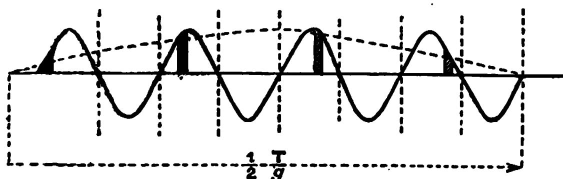


Fig. 8 *a*.

Méthode de Seibt et variante. — On peut employer :

a. Un galvanomètre polarisé de sensibilité appropriée dont les élongations unilatérales donneront cette fréquence;

b. Un relais polarisé dont l'armature déviera sur le butoir de travail par exemple pour l'onde positive (*fig.* 9 et 9 *a*) du courant et restera sur le butoir de repos pour l'onde négative. Il suffira donc de compter le nombre de *tacs* A produits pendant t secondes (0, 1, ..., A), t étant lu au chronoscope, et appliquer la formule

$$g = \frac{A}{t}\frac{1}{f_1} = \frac{a}{f_1}.$$

En supposant qu'on puisse compter 240 tacs par minute, on pourra estimer des glissements de 8 pour 100 à la fréquence 50.

On peut insérer le relais dans le circuit local d'un appareil Morse (*fig.* 6 et *fig.* 10). Si l'on possède un enregistreur rapide (récepteur d'un appareil télégraphique Wheatstone automatique, par exemple), on pourra inscrire des glissements élevés.

Il est bon de polariser le relais par un enroulement excitateur et d'insérer dans le circuit une résistance facilement réglable, la valeur moyenne du courant qui

traverse le relais dépendant du glissement, etc., comme nous l'expliquerons.

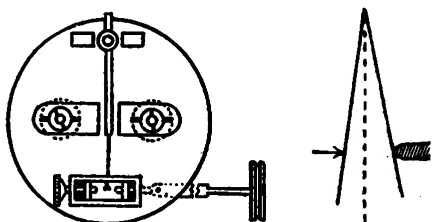


Fig. 9 et 9 *a*. — Galvanomètre ou relais polarisés à insérer dans le circuit *a* de la figure 6 pour déterminer la fréquence des courants.

c. Pour la mesure des faibles glissements on peut se servir d'un relais non polarisé ou d'un téléphone : la formule à appliquer est évidemment, dans ce cas,

$$g = \frac{1}{2} \frac{a}{tf_1}.$$

d. En observant les étincelles qui se forment périodiquement au balai du disque de Joubert, on peut se contenter d'insérer simplement une bobine dans le circuit.

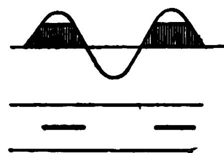


Fig. 10. — Inscription de la fréquence au moyen d'un appareil Morse inséré dans le circuit du relais *a*.

e. En augmentant dans une certaine mesure la largeur de la languette, on augmentera le courant moyen (dans le circuit de l'enregistreur) pour un glissement faible donné, et il pourra devenir suffisant pour faire briller une lampe à incandescence qui pourra remplacer le relais non polarisé.

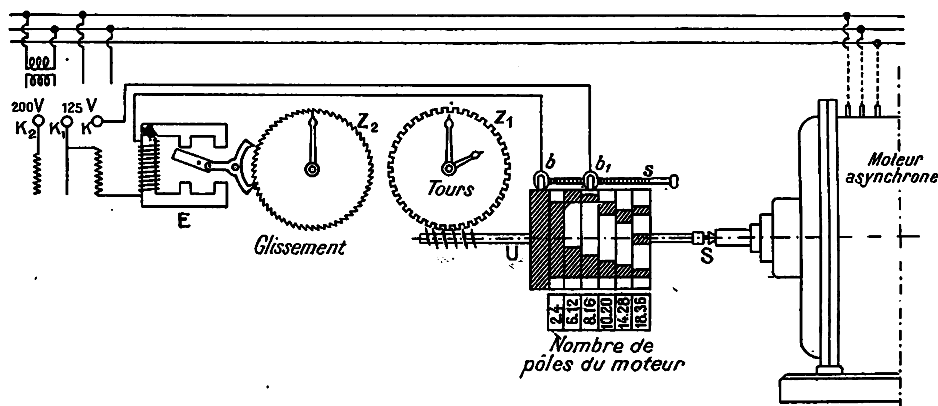


Fig. 11. — Indicateur de glissement Bianchi.

f. En insérant dans le circuit un clapet électrolytique, le nombre d'éclats sera diminué de moitié pour un glissement donné et l'on obtiendra l'équivalent du relais polarisé.

g. *Indicateur de glissement de Bianchi*. — Bianchi (*E. T. Z.*, 1903, II. 32) a réalisé d'après ces principes un indicateur de glissement. Comme l'indique la figure 11, on fait usage d'un relais polarisé (ou non) dont l'index Z_2 inscrit le nombre de tacs $A = aT$ en même temps que l'index Z_1 indique le nombre de tours $B = N_2T$ effectués pendant le temps T ; le glissement sera donné par la formule (5) de la page 493 dans laquelle

$$f_2 = a,$$

$$g = \frac{aT}{aT + p_1 N_2 T} = \frac{A}{A + p_1 B}.$$

Si le relais n'est pas polarisé, la formule sera

$$g = \frac{A}{A + 2p_1 B}.$$

On remarque que le disque de Joubert porte plusieurs étages de contacts ; on appliquera le balai *b* sur la

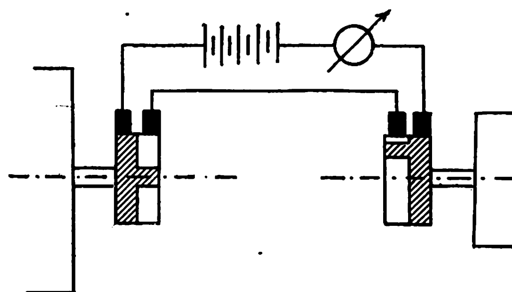


Fig. 12. — Dispositif à deux disques de Joubert montés sur le moteur synchrone et le moteur asynchrone.

rangée correspondant au nombre de pôles du moteur, afin d'obtenir pour un même glissement le même courant moyen dans le relais, comme il est expliqué à la

page 498, et assurer le fonctionnement régulier de celui-ci.

7. *a*. Si l'alternateur est accessible ou si l'on dispose d'un moteur synchrone ayant le même nombre de pôles que le moteur, on peut réaliser le dispositif de la figure 12 comprenant deux disques de Joubert à languette étroite montés sur chacun des arbres et insérés en série dans un circuit électrique comprenant une pile. A chaque déviation du galvanomètre correspond un retard d'un tour de l'arbre A par rapport à l'arbre B. Connaissant le nombre de tours de celui-ci, le glissement sera donné par la formule

$$\frac{A}{N_1 T} = \frac{a}{N_1},$$

si $A = aa$ est le nombre de déviations pendant le temps T.

b. Ce dispositif peut être modifié en faisant usage de disques conducteurs présentant une mince languette isolée, l'ensemble étant monté d'après le schéma (*fig*. 13). Chaque fois que les deux languettes isolées

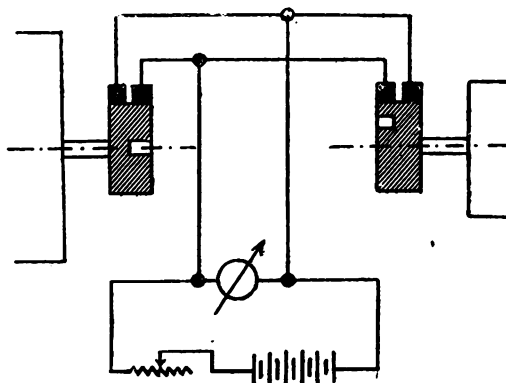


Fig. 13. — Variante du dispositif à deux disques où les languettes conductrices sont remplacées par des languettes isolantes.

passeront ensemble sous les balais, le galvanomètre sera déshunté et donnera une déviation.

On peut ainsi mesurer des glissements élevés et repérer à un moment donné la position relative de deux points appartenant à deux axes tournants.

8. Les dispositifs d'exécution sont simples. On peut construire facilement un disque de Joubert dont l'axe est porté par un petit support analogue à celui des compte-tours à vis tangente. Il suffit dès lors de fixer ce support au bâti et d'entraîner l'axe par un petit ressort à boudin fixé sur l'arbre du moteur.

Si une poulie est disponible sur le moteur, on colle sur la jante du papier calque, et l'on y applique des ressorts légers en cuivre servant de frotteurs. Il est à conseiller de ne pas se servir du bâti comme pôle, la couche d'huile du palier pouvant être ou devenir isolante à un moment donné.

9. Conclusions. — Pour la mesure du glissement d'un moteur à bagues, la méthode de Schüler (dans laquelle on remplace au besoin l'ampèremètre par un téléphone) est la plus expéditive. Pour les moteurs sans bagues, la méthode de Seibt est tout indiquée.

10. Applications. — A. Supposons un disque de Joubert à une languette de largeur *a* (*fig*. 6) monté sur l'axe d'un moteur *synchrone* bipolaire. La force électromotrice appliquée est de la forme

$$e = E \sin kt = E \sin \alpha.$$

Par tour, il passera dans le galvanomètre une quantité d'électricité proportionnelle à

$$\frac{E}{r}\int_{\alpha}^{\alpha+a} \sin\alpha \, d\alpha,$$

d'où un courant moyen

$$(1) \qquad \frac{E}{rT}\int_{\alpha}^{\alpha+a} \sin\alpha \, d\alpha = f_1 \frac{E}{r}\int_{\alpha}^{\alpha+a} \sin\alpha \, d\alpha,$$

$$f_1 = N_1 = \frac{1}{T}.$$

Si le moteur a $2p_1$ pôles, le courant moyen sera

$$\frac{E}{rp_1 T}\int_{\alpha}^{\alpha+a} \sin\alpha \, d\alpha = N_1 \frac{E}{r}\int_{\alpha}^{\alpha+a} \sin\alpha \, d\alpha,$$

$$f_1 = p_1 N_1.$$

Si nous faisons usage d'un disque de Joubert à p_1 languettes, le courant moyen sera

$$\frac{p_1 E}{rTp_1}\int_{\alpha}^{\alpha+a} \sin\alpha \, d\alpha = f_1 \frac{E}{r}\int_{\alpha}^{\alpha+a} \sin\alpha \, d\alpha.$$

Si nous employons un galvanomètre non polarisé, nous pourrons employer un disque à $2p$ languettes. Le courant moyen sera doublé.

La formule montre que le courant moyen est fonction de α et de a. L'intégration de la formule (1) donne

$$i_m = f_1 \frac{E}{r}[\cos\alpha - \cos(\alpha + a)] = 2f_1 \frac{E}{r}\sin\left(\alpha + \frac{a}{2}\right)\sin\frac{a}{2},$$

dont la valeur maximum correspond à

$$\alpha + \frac{a}{2} = \frac{\pi}{2} \qquad \text{et} \qquad a = \pi.$$

En conséquence, si nous déplaçons les balais autour d'un disque de Joubert, dont la languette ait l'ouverture $a = \pi$, nous verrons passer la déviation du galvanomètre par une valeur maximum égale à

$$\frac{1}{\frac{T}{2}}\int_0^{\frac{T}{2}} i \, dt,$$

soit proportionnelle à la valeur moyenne de la force électromotrice appliquée. Nous obtenons ainsi la méthode indiquée par Rose et Kühns. (*E. T. Z.*, 1903)

pour la détermination du facteur de forme d'une courbe de force électromotrice $\left(\text{rapport de la valeur efficace à la valeur moyenne } \frac{E_{eff.}}{E_m}\right)$. D'une manière générale on obtiendra E_m à l'aide d'un disque de Joubert à p_1 languettes d'une ouverture égale à $\frac{2\pi}{2p}$ et distantes de l'angle $\frac{2\pi}{p}$ et connecté d'après le schéma de la figure 14, les balais étant déplacés jusqu'à ce que V donne une déviation maxima.

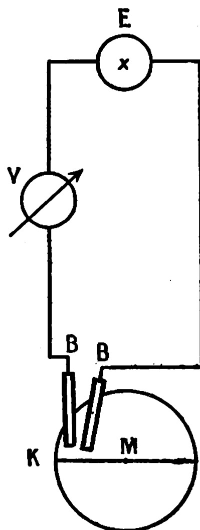


Fig. 14. — Modification du disque de contact donnant la force électromotrice moyenne.

Le tarage du galvanomètre polarisé se fera à l'aide d'une force électromotrice continue connue, branchée en B, B.

11. B. Fixons à présent un disque de Joubert-Blondel (à languette aussi étroite que possible) sur l'axe d'un moteur asynchrone, et réalisons le schéma de la figure 15 en faisant usage d'un galvanomètre enregistreur polarisé sensible.

Le moteur asynchrone étant à vide, le glissement sera faible, mettons environ 0,2 pour 100; nous aurons réalisé un ondographe à l'aide d'un appareillage présent dans tout laboratoire.

L'avance du papier de l'enregistreur sera commandée électriquement Le circuit d'un électro-aimant est commandé par un contact tournant, monté sur l'axe de l'alternateur (ou sur celui du moteur). Son armature est reliée à un cliquet faisant avancer une roue dentée engrenant avec une roue à empreinte entraînant le papier (*fig.* 16) en raison, mettons de $\frac{1}{10}$ de millimètre, par émission du courant. L'expérience montre que l'armature peut vibrer à raison de 1200 périodes par minute. Un moteur à quatre pôles alimenté sous la fréquence 40 donnera dès lors une avance de papier de 12^{cm} par minute, temps pendant lequel le galvanomètre inscrira $0{,}002 \times 40 \times 60$, soit 5 périodes qui auront chacune une ouverture d'environ $2^{cm},4$. Rappelons que le glissement

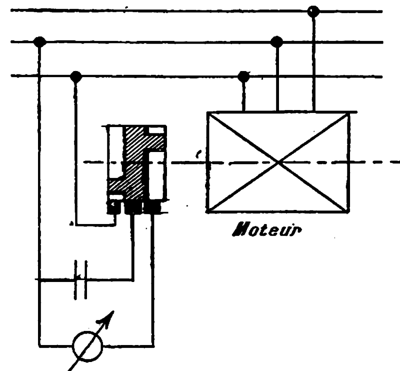


Fig. 15. — Disque de contact Joubert-Blondel à languette très étroite, monté sur le moteur asynchrone et réalisant un ondographe.

de l'axe qui porte le disque de Joubert dans l'ondographe d'Hospitalier est de 0,1 pour 100.

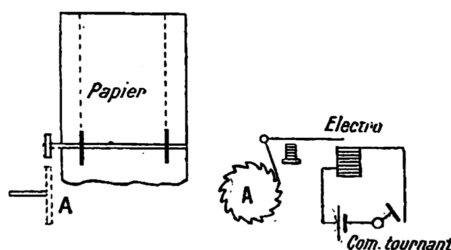


Fig. 16. — Système enregistreur pour le dispositif précédent.

Le dispositif décrit est intéressant au point de vue démonstratif; la figure 17 donne le fac-similé d'une courbe de force électromotrice relevée.

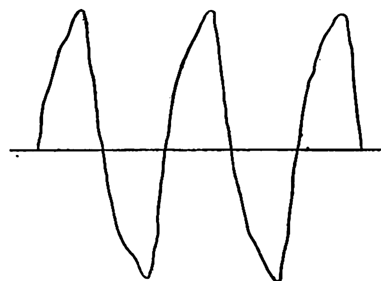


Fig. 17. — Fac-similé d'une courbe de force électromotriee relevée.

12. Reprenons le dispositif du paragraphe 6, B, et la figure 11. Le disque de Joubert étant supposé avoir p languettes de faible épaisseur a, les contacts se produiront aux instants

$$t, \quad t+T+gT, \quad t+2(T+gT), \quad \ldots, \quad t+n(T+gT).$$

Le nombre de contacts pendant l'inscription d'une

demi-période sera donné par la relation

$$n(T + gT) = \frac{1}{2}\frac{T}{g},$$

d'où

$$n = \frac{1}{2}\frac{1}{g(1+g)}.$$

La quantité d'électricité traversant à chaque contact le galvanomètre étant égale à

$$\frac{e}{r}\Delta t = \frac{e}{r}\frac{pTa}{2\pi},$$

si le glissement est faible, le courant moyen correspondant à une demi-période du courant inscrit sera proportionnel à la valeur moyenne de l'expression

$$\left[\frac{2g}{T}\frac{1}{2}\frac{1}{g(1+g)}\frac{pTa}{2\pi}e\right] \quad \text{ou} \quad \left(\frac{pa}{2\pi}\frac{1}{1+g}e\right)$$

ou

$$\frac{pa}{2\pi}\frac{1}{1+g}\frac{2E}{\pi},$$

si e est sinusoïdal.

Pour une largeur de languette a et un glissement g, la durée du contact est

$$\Delta t = \frac{a}{(1-g)\omega_1}.$$

La quantité d'électricité envoyée dans le galvanomètre sera

$$\frac{1}{r}\int_t^{t+\Delta t} E \sin kt \, dt = \frac{E}{kr}[\cos kt - \cos k(t+\Delta t)].$$

Le courant moyen correspondant à n contacts sera

$$\frac{1}{\frac{T}{2g}}\frac{E}{kr}\sum_0^{n(T+gT)}[\cos kt - \cos k(t+\Delta t)]$$

ou

$$\frac{gE}{\pi r}\sum_0^{n(T+gT)}[\cos kt - \cos k(t+\Delta t)],$$

qui permettra de vérifier si une largeur de languette a donne un courant moyen acceptable pour divers glissements et divers nombres de pôles, problème qui se pose lors de la réalisation du tambour de l'appareil Bianchi (n° 6, B, g).

13. Indiquons ici un dispositif moins connu, mais donnant également de très bons résultats, pouvant remplacer le disque de Joubert dans quelques-unes de ses applications.

On fait usage d'un disque conducteur avec un doigt isolant comme au paragraphe 8, b. Il est indiqué par la figure 18. Le contact shunte le galvanomètre au lieu d'être en série avec lui. La résistance (r) doit être évidemment choisie d'une manière judicieuse; dans le dispositif habituel on est forcé de recourir à la méthode du condensateur pour la mesure des forces électromotrices, pour éliminer l'effet de la résistance variable (balais) mise en série avec le voltmètre.

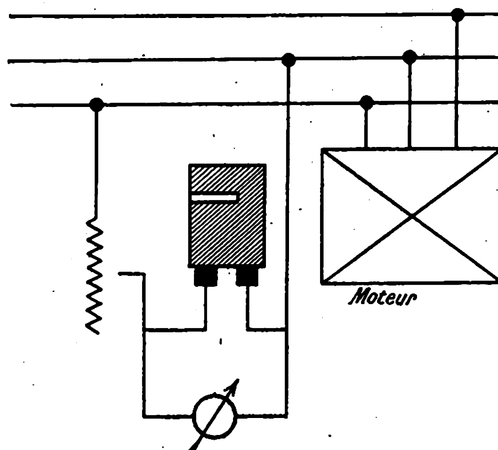


Fig. 18. — Autre variante du disque de contact.

14. Les méthodes de mesure du glissement permettent de déterminer des différences de vitesse très faibles. Pour des mesures de haute précision, on peut faire usage de la méthode de Drysdale (*La Revue électrique*, 1909).

Aux extrémités des branches d'un électro-diapason dont on connaît exactement la fréquence de vibration, on applique deux lames minces percées chacune d'une ouverture rectangulaire très étroite et qui sont en face quand le diapason est au repos (*fig.* 19). Sur l'axe du

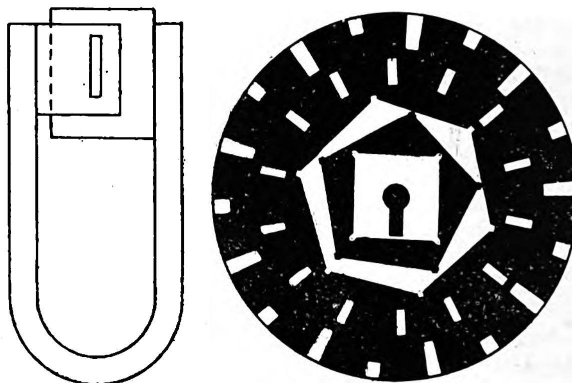


Fig. 19 et 20. — Électro-diapason à fentes et disque stroboscopique de Drysdale.

moteur dont on veut connaître la vitesse de rotation, on installe un disque sur lequel on a dessiné une figure géométrique telle que celle de la figure 20, préconisée par l'auteur de la méthode comme donnant de très bons résultats et pouvant servir pour des moteurs ayant des vitesses de rotation très différentes. L'électro-diapason est placé devant le moteur de façon qu'on voit, à travers la fente, la figure dessinée sur le disque. Pour faire une mesure de vitesse on fait fonctionner l'électro-diapason et, en regardant suivant l'axe passant par

le disque et le milieu de la fente, on verra tourner le disque en sens direct ou en sens inverse du mouvement du moteur. Dans le premier cas, il tournera avec une vitesse dont la fréquence est inférieure à la fréquence de vibration de l'électro-diapason ; dans le second cas, la fréquence du moteur sera supérieure à celle de l'électro-diapason.

En comptant le nombre de tours que fait le disque dans un sens ou dans l'autre, on déduira aisément la vitesse du moteur.

15. S'il s'agit simplement de constater la constante de la vitesse angulaire d'un axe (par exemple pour le tarage des fréquencemètres sensibles à corde vibrante, à l'aide du courant fourni par une dynamo polymorphique), il suffira d'employer une méthode d'opposition électrique. La force électromotrice continue est mise en opposition à l'aide d'un voltmètre sensible avec une batterie d'accumulateurs déchargés au $\frac{1}{10}$ (*fig.* 21).

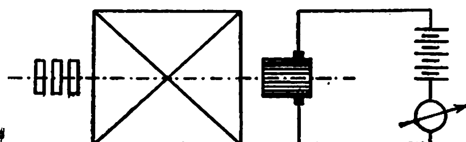


Fig. 21. — Installation du dispositif Seibt sur une commutatrice qui doit être couplée au synchronisme.

16. Le dispositif Seibt, avec voltmètre polarisé par exemple, peut être appliqué sur l'arbre d'une commutatrice dans le cas où la mise en marche de celle-ci doit se faire par un moteur auxiliaire et qu'on se propose de la brancher sur le réseau alternatif en moteur asynchrone, avant de fermer l'excitation (pour ne pas avoir les opérations de synchronisation à faire). Afin de réduire à un minimum le courant alternatif demandé à la ligne, il est utile que la fermeture du circuit principal se fasse dans le voisinage du synchronisme ; le dispositif préconisé renseigne facilement sur ce point.

17. Le dispositif du paragraphe 7 permet de résoudre un petit problème du même ordre, surtout intéressant au point de vue démonstratif : accrocher une commutatrice devant fournir une polarité donnée du côté continu.

Il se présente lorsqu'on démarre la commutatrice par un moteur auxiliaire et qu'on ferme le circuit alternatif dans le voisinage du synchronisme avant de fermer l'excitation, pour ne pas avoir de manœuvres de synchronisation à faire. Il peut se poser aussi lorsqu'on démarre du côté continu, la dynamo étant en shunt, ou lorsqu'on met en marche du côté alternatif, l'excitation étant montée directement sur les balais continus.

Ce problème comporte une solution, contrairement à ce qu'on affirme parfois.

Pour le résoudre, on installe un premier disque de Joubert sur l'axe de la commutatrice, la languette étant dans le plan de l'axe d'un des pôles, et un second sur l'axe d'un petit moteur synchrone, ayant le même nombre de pôles, et l'on réalise les connexions de la figure 12 ou 13. On fait l'accrochage sous un glissement suffisamment faible, au moment où le voltmètre indique la coïncidence des deux axes dans l'espace.

Le procédé opératoire est le suivant. On accroche une première fois la commutatrice. On déplace le porte-balais d'un des disques de Joubert, de manière à obtenir une déviation constante. En opérant alors des accrochages successifs comme il est indiqué, on obtiendra toujours la même polarité pour la commutatrice.

En effet, la commutatrice étant raccordée du côté alternatif, mais l'excitation étant ouverte, tourne en moteur asynchrone. Le champ tourne par rapport au rotor avec la vitesse ω_1, qui lui-même se meut avec la vitesse ω_2. Le champ tourne donc dans l'espace ou par rapport aux inducteurs avec une vitesse $\omega = \omega_2 - \omega_1$. Au moment où le voltmètre donne une élongation, les pôles de ce champ occupent une position définie dans l'espace, devant les pôles fixes de la commutatrice ; si, en ce moment, on ferme le circuit de l'excitation, il apparaîtra une polarité définie aux balais.

O. Steels,
Professeur d'Électricité industrielle
à l'Université de Gand.

COMPTEURS.

Formules élémentaires pour l'étalonnage des compteurs, par R. FRANZ, professeur à l'École des monteurs électriciens de Cologne (*Elektrotechnischer Anzeiger*, 29 juillet 1909). — L'auteur donne les formules élémentaires suivantes, à l'usage des monteurs, pour la vérification des compteurs.

Appelons constante k du compteur le nombre de watts-heures qui doivent passer dans l'appareil pour qu'il fasse un tour complet.

Pour un appareil faisant 3600 tours par kilowatt-heure, cette constante est

$$k = \frac{1000}{3600}.$$

Pour un instrument donnant 1 tour pour 18 watts-minutes, elle est de

$$k = \frac{18}{60}.$$

Elle se détermine donc facilement.

Soit, dès lors, n le nombre de tours de l'appareil pendant le temps de l'observation, et soient encore w les watts mesurés au wattmètre et t la durée de l'opération, en secondes; on doit avoir, en ramenant les valeurs en watts-heures,

$$kn = \frac{wt}{3600}.$$

Cette égalité n'existe pas si l'appareil est inexact, et l'on trouve alors

$$\frac{kn}{wt : 3600} = \frac{1}{x} \quad \text{ou} \quad \frac{kn \times 3600}{wt} = x.$$

La différence de x par rapport à l'unité représente l'erreur de l'instrument; en d'autres termes, si $x = 0,97$, c'est que les indications fournies par le compteur sont erronées de 0,03 ou 3 pour 100 en moins.

Il importe, pour la rapidité des opérations, qui ne doivent pas demander plus d'une demi-minute au total, que les calculs nécessaires pour fixer la valeur de x soient très simples.

A ce point de vue, il est désirable que k ait une valeur qui ne soit pas nombre premier vis-à-vis de 3600.

Si $k = \frac{1}{3}$, on a effectivement

$$3600 k = 1200;$$

si $k = \frac{1000}{3600}$, on a

$$3600 k = 1000, \quad \ldots,$$

tous facteurs qui se prêtent à une grande célérité de calcul mental ou à la règle.

Avec cette méthode, les opérations sont donc sensiblement simplifiées au point de vue de la facilité d'emploi de la règle à calcul.

Il serait par suite désirable que les fabricants indiquassent régulièrement sur leurs appareils la constante définie ainsi qu'il a été dit, et en faisant en sorte qu'elle satisfît à la condition préindiquée.

Compteurs-moteurs Isaria (*Bulletin de la Société belge d'Électriciens,* novembre 1909, p. 713). — Dans cet article se trouvent décrits les perfectionnements apportés récemment dans la construction de ces appareils.

Dans les wattheuremètres et les ampèreheuremètres pour courant continu, on a substitué, à l'induit en tambour autrefois utilisé, un induit à trois bobines. Ces bobines sont supportées par un disque en aluminium, et l'ensemble sert simultanément à la production du couple moteur et du couple retardateur.

Le collecteur ne comporte que trois lames; il est de dimensions réduites; les étincelles y sont évitées par l'adjonction, à chaque bobine, de quelques spires de fil court-circuitées sur elles-mêmes.

Cette construction est avantageuse à raison de la légèreté d'armature qu'elle procure et grâce à laquelle le compteur entre en fonctionnement pour des charges extrêmement faibles, la disposition assurant d'ailleurs un couple nettement supérieur à celui réalisable avec l'induit à tambour.

Dans le type à courants alternatifs, le décalage parfait du courant d'excitation sur la force électromotrice appliquée (90°), qui est nécessaire pour rendre l'instrument indépendant des variations du $\cos\varphi$ de la distribution, est obtenu de la façon suivante : Un enroulement supplémentaire, excité inductivement, est disposé sur l'inducteur; il donne un flux qui se compose avec le flux principal pour former un flux résultant déphasé de plus de 90° sur la force électromotrice appliquée. Le déphasage est ramené à 90° au moyen d'une résistance supplémentaire mise en série avec l'appareil et qu'on règle une fois pour toutes à la valeur voulue.

Pour les circuits triphasés à phases non également chargées, le compteur comporte deux inducteurs entièrement identiques et deux disques, un pour chaque système, montés sur un même axe vertical. Les deux parties sont facilement déplacées par rapport aux disques induits, de sorte que le réglage s'effectue aisément; elles ne réagissent en aucune façon l'une sur l'autre.

Ces diverses dispositions sont appliquées pour les compteurs ordinaires et pour les compteurs spéciaux, à double tarif ou à prépaiement.

Dans les appareils à double tarif, le passage de la tarification inférieure à la supérieure est provoqué par des goupilles vissées dans le disque horaire dont les instruments sont spécialement pourvus. Ces goupilles soulèvent un levier qui déplace à son tour un embrayage denté.

Dans les compteurs à prépaiement, le déplacement d'une poignée émergeant de la boîte fait avancer d'un cran, si une pièce de monnaie a été introduite dans l'encaisseur, une roue dentée portant l'index du paiement des taxes. En même temps, un interrupteur à mercure bascule et établit le circuit général. Si des appareils récepteurs viennent à être branchés sur celui-ci, le compteur proprement dit fonctionne et enregistre la consommation. De plus, son système totalisateur ramène vers la position initiale les organes de l'encaisseur, la transmission entre les deux parties étant faite au moyen d'une réduction à engrenages amovible (pour permettre l'adaptation de l'appareil au régime des taxes à appliquer). Lorsque la quantité d'énergie consommée est équivalente à la somme payée, l'encaisseur se trouve à nouveau au point de départ et l'interrupteur déclenche, coupant le circuit.

Les compteurs d'étalonnage ont été munis également des perfectionnements apportés aux autres types. Ils présentent encore cette particularité que, afin de faciliter les opérations et de permettre à l'observateur de porter toute son attention sur le compteur à vérifier, le mécanisme totalisateur n'est mis en marche qu'au moment où l'on presse un bouton; ce totalisateur indique directement les tours et fractions de tour.

DIVERS.

Sur le relevé expérimental des courbes de champ, par R. RUDENBERG (*Elektrotechnik und Maschinenbau*, t. XXVII, 7 novembre 1909, p. 1031 à 1033). — Ce relevé est ordinairement fait à l'aide du dispositif de la figure 1; si la bobine avait une largeur

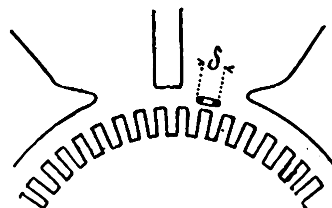


Fig. 1.

infiniment petite, suivant la circonférence, on serait certain de mesurer la véritable valeur du champ à l'endroit considéré; en réalité, cette condition n'est jamais remplie, et la bobine doit avoir une largeur finie, afin

que le nombre de lignes de forces qui la traverse soit assez grand pour permettre une lecture au galvanomètre. Si la courbe de champ est très irrégulière, comme aux angles des pièces polaires, sous les pôles auxiliaires, etc., les mesures donnent une courbe qui diffère de la courbe réelle.

L'auteur cherche à déterminer les dimensions les plus avantageuses à donner à la bobine pour obtenir un résultat aussi exact que possible, et, en outre, il établit des formules qui permettent une correction suffisante du résultat obtenu.

La courbe de champ véritable peut être considérée comme une fonction des coordonnées $\varphi(x)$ pendant que la courbe de champ relevée peut être représentée par une autre fonction $f(x)$ des mêmes coordonnées.

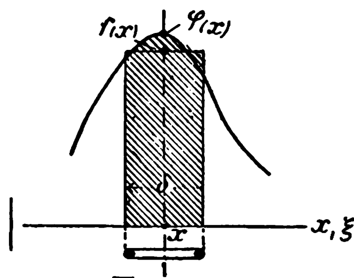


Fig. 2.

La bobine est constituée seulement par quelques spires, dont la largeur est δ; le flux mesuré est en réalité la valeur moyenne de la partie hachurée sur la figure 2, et l'on obtient

$$(1) \qquad f(x) = \int_{x-\frac{\delta}{2}}^{x+\frac{\delta}{2}} \varphi(\xi)\,d\xi;$$

on en tire

$$(2) \qquad \delta \frac{df(x)}{dx} = \varphi\left(x + \frac{\delta}{2}\right) - \varphi\left(x - \frac{\delta}{2}\right);$$

en développant les deux termes du second membre par la série de Taylor, on a

$$(3) \qquad \delta f'(x) = \delta\varphi' x + \frac{2}{1.2.3}\left(\frac{\delta}{2}\right)^3 \varphi''' x = \ldots.$$

L'équation (3) représente d'une façon approchée l'équation (1) par une petite largeur de la bobine. Pour éliminer δ il suffit de différentier $f'(x)$, d'où

$$f''(x) = \varphi''(x) + \frac{1}{3}\left(\frac{\delta}{2}\right)^2 \varphi^{4}(x) + \ldots$$

ou encore

$$\varphi''(x) = f''(x) = \frac{1}{3}\left(\frac{\delta}{2}\right)^2 \varphi^{4}(x) - \ldots.$$

En introduisant cette valeur de $\varphi''(x)$ dans l'équation (3), on obtient

$$\varphi(x) = f(x) - \frac{1}{1.2.3}\left(\frac{\delta}{2}\right)^2 f''(x),$$

ou, en effectuant les calculs,

$$(4) \qquad \varphi(x) = f(x) - \frac{\delta^2}{24} f''(x).$$

On voit ainsi que la valeur mesurée se rapproche d'autant plus de la véritable valeur, que le carré de la largeur de la bobine est plus petit; il est donc inutile de diminuer par trop cette longueur; au contraire, il est préférable d'employer une bobine relativement large, afin d'obtenir une déviation assez importante; la courbe ainsi obtenue étant aisément corrigée à l'aide de la formule (4). Il n'est pas non plus nécessaire de dessiner très exactement la courbe de la dérivée seconde pour obtenir une correction suffisante.

Si la circonférence de l'induit est partagée en intervalles égaux Δx, la correction devient

$$(4') \qquad \frac{1}{24}\left(\frac{\delta}{\Delta x}\right)^2 \Delta^2 f(x);$$

le premier facteur de cette expression est constant; la deuxième différence est facile à calculer pour chaque point. La figure 3 montre en traits pleins une courbe

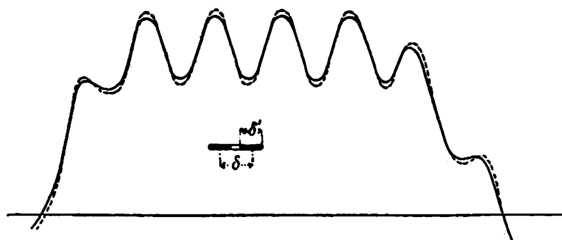


Fig. 3.
——— Courbe d'après les mesures.
- - - - - - Courbe corrigée.

relevée, et, en traits pointillés, la même courbe corrigée.

L'auteur montre ensuite qu'il est possible de tenir compte de la largeur des côtés de la bobine; il en résulte, en général, une très faible augmentation du terme de correction. E. B.

Sur l'emploi des indicateurs de pression dans les essais de moteur à explosion, par F.-W. BURSTALL (*Engineering*, t. LXXXVIII, 6 août 1909). — Dans le but de se rendre compte de la valeur des objections faites au sujet de la précision des diagrammes relevés sur les moteurs à explosion, au moyen d'indicateurs, une Commission de recherches de l'Institution of Civil Engineers a procédé à l'étude comparative de deux types d'indicateurs, l'un du système Crosby, à enregistrement au moyen d'un crayon, l'autre du type optique de Hopkinson. Ces deux indicateurs étaient montés sur une même tubulure de raccord vissée dans la paroi du cylindre d'un moteur ayant 416^{mm} de diamètre et 610^{mm} de course, faisant 165 tours par minute. Ce sont les résultats des recherches effectuées par la Commission que donne M. Burstall; ils confirment en grande partie l'opinion des détracteurs de cette méthode d'essais.

Les courbes des diagrammes relevés avec les deux appareils ne se confondaient, en effet, jamais sur toute leur longueur, et tantôt l'une, tantôt l'autre de ces courbes indiquait une pression maximum notablement supérieure ; de plus, la pression moyenne enregistrée par l'indicateur Crosby était généralement inférieure à celle de l'indicateur Hopkinson. L'inertie des pièces en mouvement des appareils était insuffisante pour expliquer ces différences, et l'auteur a essayé de le faire, en supposant que le ressort de l'indicateur Hopkinson était imparfaitement encastré à son extrémité inférieure et jouait assez en ce point pour fausser les indications de l'appareil.

L'auteur conclut que le seul essai probant des moteurs à explosion est l'essai au frein, et qu'on ne devrait recourir aux diagrammes d'indicateurs que pour contrôler le fonctionnement de leurs soupapes.

Mesure des pressions élevées par les variations de résistivité électrique, par A. LAFAY (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences,* t. CXLIX, 4 octobre 1909, p. 566). — On sait que la pression agit sur la résistivité des métaux ; il était donc naturel d'utiliser cette action pour la mesure des hautes pressions au même titre qu'on utilise les variations de la résistivité avec la température pour la mesure de cette dernière grandeur.

En opérant sur des fils de platine pur de $0^{mm},03$ de diamètre, l'auteur a reconnu que la variation de la résistance r avec la pression P, évaluée en atmosphères et mesurée avec le manomètre Amagat, est donnée par la relation

$$\frac{r - r_0}{r_0} = -1,86 \times 10^{-6} P.$$

Cette relation concorde assez bien avec les résultats de mesures faites antérieurement par M. Lisell, à Upsal, mais diffère notablement de la relation trouvée par un autre expérimentateur, M. Lussana Ces divergences paraissent devoir être attribuées à de légères différences dans l'état physique et chimique des fils étudiés, et, comme il serait extrêmement difficile d'obtenir des échantillons de platine rigoureusement identiques, elles montrent qu'il serait illusoire de vouloir employer ce métal pour l'évaluation des pressions. D'ailleurs, le coefficient de température du platine étant 1900 fois plus grand que son coefficient de pression, la moindre variation de la température du circuit introduirait des erreurs considérables dans l'évaluation des pressions.

Pour le mercure, qui peut être préparé très pur et toujours identique à lui-même, les évaluations concordent bien, et, de plus, son coefficient de pression vaut environ le vingtième de son coefficient de température ; en maintenant cette dernière constante au quart de degré, les erreurs d'origine thermique ne peuvent dépasser 5 kg : cm², ce qui est suffisant lorsqu'on évalue des pressions supérieures à 500^{atm}.

L'étude soignée d'une résistance en mercure a fourni la formule suivante qui se rapporte à une température de 15°, les pressions p étant évaluées en kilogrammes par centimètre carré :

$$\frac{r - r_0}{r_0} = -32,7 \times 10^{-6} p + 1,1 \times 10^{-9} p^2.$$

Malgré les avantages et la facilité d'emploi du mercure, il serait commode de pouvoir employer un simple fil de métal pour la mesure des pressions ; on pourrait de cette manière réduire à l'extrême les dimensions de l'appareil piézométrique. Malheureusement, pour tous les métaux et la plupart des alliages, le rapport du coefficient de température au coefficient de pression est considérable et l'on est arrêté par les inconvénients signalés à propos du platine.

Seul l'alliage manganine, dont le coefficient de température est pratiquement nul, conduit à des résultats utilisables. M. Lafay a trouvé pour cet alliage, entre zéro et 3500 kg : cm², l'équation

$$\frac{r - r_0}{r_0} = 2,23 \times 10^{-6} P \qquad \text{(P en atmosphères)},$$

ce qui confirme entièrement les résultats de mesures antérieures de M. Lisell et, en particulier, la propriété curieuse de cet alliage d'avoir un coefficient de pression positif.

VARIÉTÉS. — INFORMATIONS.

LÉGISLATION, RÉGLEMENTATION.

Loi sur le payement des salaires des ouvriers et employés.

Le Sénat et la Chambre des Députés ont adopté,

Le Président de la République promulgue la loi dont la teneur suit :

ARTICLE PREMIER. — Les salaires des ouvriers et employés doivent être payés en monnaie métallique ou fiduciaire ayant cours légal, nonobstant toute stipulation contraire, à peine de nullité.

ART. 2. — Les salaires des ouvriers du commerce et de l'industrie doivent être payés au moins deux fois par mois, à 16 jours au plus d'intervalle ; ceux des employés doivent être payés au moins une fois par mois.

Pour tout travail aux pièces dont l'exécution doit durer plus d'une quinzaine, les dates de payement peuvent être fixées de gré à gré, mais l'ouvrier doit recevoir des acomptes chaque quinzaine et être intégralement payé dans la quinzaine qui suit la livraison de l'ouvrage.

ART. 3. — Le payement ne peut être effectué un jour où l'ouvrier ou l'employé a droit au repos, soit en vertu de la loi, soit en vertu de la convention. Il ne peut avoir lieu dans les débits de boissons ou magasins de vente, sauf pour les personnes qui y sont occupées.

ART. 4. — En ce qui concerne le commerce et l'industrie, les inspecteurs du travail sont chargés, concurremment avec les officiers de police judiciaire, d'assurer l'exécution de la présente loi.

Les contraventions à la présente loi sont constatées dans les conditions indiquées par l'article 20 de la loi du 2 novembre 1892.

Sans préjudice de la responsabilité civile, toute contravention aux prescriptions des articles 1, 2 et 3 de la présente loi sera portée devant le juge de paix jugeant en simple police et sera passible d'une amende de cinq à quinze francs (5fr à 15fr).

L'article 463 du Code pénal sera applicable.

ART. 5. — La présente loi est applicable à l'Algérie.

ART. 6. — La présente loi sera applicable 6 mois après sa promulgation.

La présente loi, délibérée et adoptée par le Sénat et par la Chambre des Députés, sera exécutée comme loi de l'État.

Fait à Paris, le 7 décembre 1909.

A. FALLIÈRES.

Par le Président de la République :

Le Ministre du Travail et de la Prévoyance sociale,
RENÉ VIVIANI.

Le Garde des sceaux, Ministre de la Justice,
LOUIS BARTHOU.

(*Journal officiel* du 8 décembre 1909.)

Arrêté de M. le Ministre des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes du 1er septembre 1909, relatif à l'élagage des arbres.

Paris, le 1er septembre 1909.

Le Ministre
à M. le Préfet du département d

L'article 35 de l'arrêté du 21 mars 1908 dispose que, « sur les voies publiques, empruntées par une distribution d'énergie électrique, l'élagage des arbres plantés en bordure de ces voies publiques, soit sur le sol des voies, soit sur les propriétés particulières, doit être effectué aussi souvent que la sécurité de la distribution l'exige ». Cet article ajoute que, « s'il en est requis par le service du contrôle, l'entrepreneur de la distribution est tenu de procéder à cet élagage en se conformant aux instructions du service de voirie ».

La question de l'élagage devant se poser dans tous les départements, il m'a paru utile, pour assurer par une procédure uniforme l'exécution des prescriptions de l'arrêté précité du 21 mars 1908, d'adopter un modèle d'arrêt réglementaire, auquel vous devrez vous conformer lorsque vous aurez à prescrire l'élagage des arbres plantés en bordure des voies publiques empruntées par des canalisations électriques aériennes, soit sur le sol de ces voies, soit sur les propriétés particulières.

Ci-joint, ce projet d'arrêté-type qui sera daté du 1er septembre 1909. Il sera publié et affiché dans la forme ordinaire et inséré dans le *Recueil* des Actes administratifs de votre préfecture. A. MILLERAND.

ARRÊTÉ.

Le Préfet du département d

Vu la loi du 15 juin 1906 sur les distributions d'énergie électrique ;

Vu l'arrêté du Ministre des Travaux publics, en date du 21 mars 1909, pris en exécution de l'article 19 de ladite loi ;

Vu notamment l'article 35 dudit arrêté ;

Vu l'article 2 de la section III de la loi du 22 décembre 1789 et janvier 1790 ;

Considérant que, sur les voies publiques empruntées par une distribution d'énergie électrique, les branches des arbres plantés sur ces voies ou faisant saillies hors des propriétés riveraines peuvent nuire à la sécurité de la distribution s'il n'est pas procédé en temps utile à leur élagage;

Arrête :

ARTICLE PREMIER. — Sur les voies publiques empruntées par les distributions d'énergie électrique dans le département d , il sera procédé par l'entrepreneur de chaque distribution à l'élagage des arbres plantés en bordure de ces voies publiques, soit sur le sol de ces voies, soit sur les propriétés particulières, aussi souvent que la nécessité en sera reconnue par cet entrepreneur dans l'intérêt de la sécurité de la distribution, ou toutes les fois qu'il en sera requis par l'ingénieur en chef du contrôle des distributions d'énergie électrique.

ART. 2. — Dans tous les cas, avant de commencer les travaux l'entrepreneur doit en donner avis, 8 jours à l'avance :

Au service du contrôle ;

Aux services de voirie intéressés ;

Aux propriétaires de toutes plantations devant être touchées par les travaux.

ART. 3. — Les intéressés sont tenus de permettre et de faciliter l'exécution des travaux.

ART. 4. — En cas d'opposition formulée par le service de voirie ou par un propriétaire dans un délai de 8 jours, à partir de l'avertissement prévu par l'article 2 ci-dessus, et sur la demande de l'entrepreneur, l'exécution de l'élagage peut être ordonnée par l'ingénieur en chef du contrôle, étant entendu que, par application de l'article 57 du décret du 3 avril 1908, l'entrepreneur de la distribution reste entièrement responsable de tous les dommages qui pourraient être causés par l'exécution de l'élagage.

ART. 5. — En cas d'urgence, l'entrepreneur peut procéder à l'exécution immédiate des travaux, à charge d'en aviser en même temps les intéressés.

ART. 6. — Les travaux d'élagage seront exécutés par l'entrepreneur de la distribution en se conformant aux instructions des services de voirie et sans pénétrer dans les propriétés privées.

ART. 7. — Les produits de l'élagage des arbres plantés sur les propriétés particulières seront mis à la disposition des propriétaires, qui doivent les enlever dans un délai de 48 heures.

Les produits de l'élagage des arbres plantés sur les voies publiques seront mis à la disposition des services de voirie et rangés en se conformant à leurs indications.

ART. 8. — Les conditions des travaux d'élagage des plantations, en dehors de ceux qu'exige la sécurité des distributions d'énergie électrique, continuent d'être déterminées par les arrêtés spéciaux prévus par l'article 33 de l'arrêté réglementaire du 15 janvier 1907 sur les permissions de grande voirie.

ART. 9. — Expédition du présent arrêté sera adressée à M. l'Ingénieur en chef du contrôle des distributions d'énergie électrique, chargé d'en assurer l'exécution, à M. l'Ingénieur en chef du service ordinaire des Ponts et Chaussées, à M. l'Agent-Voyer en chef et à M. le Commandant de Gendarmerie.

Il sera publié et affiché dans l'étendue du département.

A , le 1er septembre 1909.

A. MILLERAND.

JURISPRUDENCE ET CONTENTIEUX.

Règlement d'atelier; obligation, pour la partie qui l'invoque, de prouver qu'il a été connu et accepté de l'autre partie.

COUR DE CASSATION (CHAMBRE CIVILE).
(Arrêt du 28 juin 1909.)

La Cour,

Ouï M. le conseiller Dupont en son rapport, et M. l'avocat général Mérillon en ses conclusions, et après en avoir délibéré conformément à la loi;

Statuant sur le pourvoi de D... contre un jugement du Tribunal civil de Toulouse en date du 21 janvier 1909;

Sur le moyen unique du pourvoi;

Vu l'article 1315 du Code civil;

Attendu que si, dans le contrat de louage de services sans détermination de durée, les parties peuvent convenir qu'il ne sera observé, de part et d'autre, aucun délai de prévenance et écarter ainsi l'application d'usages contraires, c'est à la partie qui, pour établir une semblable convention, invoque un règlement d'atelier, qu'incombe la charge de prouver que ce règlement a été connu de l'autre partie et accepté par elle;

Attendu que pour repousser l'action en dommages-intérêts intentée contre lui à la suite d'un brusque congédiement, par D..., son ancien ouvrier, T... excipait les dispositions d'un règlement d'atelier qui donnait à chacune des parties le droit de rompre le contrat de travail sans aucun préavis;

Attendu que le conseil des prud'hommes a refusé d'appliquer ledit règlement et a condamné T... à payer des dommages-intérêts à D... par le motif que le règlement litigieux n'a pas été porté à la connaissance de celui-ci lors de son embauchage;

Attendu que le jugement attaqué, sans contester ce fait, a infirmé la décision des premiers juges et déchargé T... de toute condamnation à des dommages-intérêts sous le prétexte que D..., qui, à raison de son défaut d'instruction, était incapable de lire le règlement affiché, « pouvait se renseigner auprès des autres ouvriers sur les conditions dans lesquelles le travail lui était offert », et que, dans ces circonstances, cet ouvrier, « qui ne pouvait exiger que T... lui soumît individuellement et personnellement le règlement, est présumé l'avoir connu et tacitement accepté, sans que son état d'illettré puisse prévaloir à l'encontre »;

Qu'en statuant ainsi il n'a pas donné de base légale à sa décision, et a, par suite, violé l'article de loi ci-dessus visé;

Par ces motifs,

Casse le jugement rendu le 21 février 1909 par le Tribunal civil de Toulouse, en ce qu'il a débouté D... de sa demande en dommages-intérêts pour brusque congédiement et renvoie quant à ce devant le Tribunal civil de Muret.

CHRONIQUE FINANCIÈRE ET COMMERCIALE.

Convocations d'Assemblées générales. — *Compagnie électrique de Menton.* — Assemblée ordinaire le 28 décembre, 11h, 8, rue Pillet-Will, Paris.

Sud-Électrique. — Assemblée ordinaire le 18 décembre, 2h30m, 8, rue Pillet-Will, Paris.

Électricité, gaz et eau de Tonneins. — Assemblée ordinaire le 28 décembre, 2h, 364, rue Lecourbe, Paris.

Société ardennaise d'énergie électrique. — Assemblée extraordinaire, le 15 décembre, 10h, rue Louis-le-Grand, Paris.

Énergie électrique du Centre. — Assemblée ordinaire le 28 décembre, 3h30m, 69, rue de Miromesnil, Paris.

Compagnie électrique du Midi. — Assemblée extraordinaire le 21 décembre, 3h, 6, rue de Londres, Paris.

Secteur électrique de Villeneuve-Saint-Georges et Extensions. — Assemblée extraordinaire le 23 décembre, 11h, 25, rue de Clichy, Paris.

Société française de distribution et de constructions électriques. — Assemblée ordinaire le 29 décembre, à 3h, 15, rue de Londres, Paris.

Nouvelles Sociétés. — *Compagnie d'Électricité du Sénégal.* — Siège social : 12, rue Cambacérès, Paris. Durée : 50 ans. Capital : 1 000 000fr.

Avis commerciaux. — RAPPORTS COMMERCIAUX DES AGENTS DIPLOMATIQUES ET CONSULAIRES DE FRANCE. — N° 830. *Allemagne.* — Le commerce et l'industrie de la Silésie et de Breslau en 1908-1909.

N° 831. *Chine.* — Le commerce de Tien-Tsin en 1908.

N° 832. *Chine.* — Mouvement commercial et maritime de Tchéfou en 1908.

Cours officiels, à la Bourse de Londres, du cuivre « Standard » et du cuivre électrolytique.

DATES.	CUIVRE « STANDARD ».			CUIVRE ÉLECTROLYTIQUE.		
	£	sh	d	£	sh	d
6 décemb. 1909..	58	18	9	61	5	»
7 » » ..	58	17	6	61	»	»
8 » » ..	59	2	6	61	5	»
9 » » ..	59	2	6	61	»	»
10 » » ..	59	15	»	61	10	»
13 » » ..	59	18	9	62	5	»
14 » » ..	60	3	9	62	5	»
15 » » ..	59	17	6	62	»	»
16 » » ..	59	13	9	62	»	»
17 » » ..	60	»	»	62	»	»
20 » » ..	60	1	3	61	15	»
21 » » ..	60	5	»	62	»	»
22 » » ..	60	5	»	62	5	»
23 » » ..	60	5	»	62	5	»
24 » » ..	60	5	»	62	10	»

NOTA. — La Bourse de Londres est fermée le samedi.

EXPOSITIONS.

Exposition internationale des Chemins de fer et Transports terrestres (Buenos-Ayres, 1910). — Ainsi que nous l'avons déjà annoncé, cette exposition s'ouvrira l'an prochain pour fêter le centenaire de l'indépendance de l'Argentine. Elle sera complétée par deux expositions nationales, l'une consacrée à l'Agriculture, l'autre à l'Industrie. D'après une récente circulaire, quelques gouvernements européens ont déjà fait part officiellement de la participation des industriels s'occupant de transports de leurs pays respectifs. Le règlement général et les tarifs des emplacements et de vente de l'énergie électrique viennent d'être publiés.

INFORMATIONS DIVERSES.

Transmission : Influence de la forme de la courbe de courant sur le rendement d'une transmission d'énergie. — On sait que le rendement de l'ensemble de deux machines synchrones dépend de la forme de la courbe du courant que produit l'une d'elles. M. Holinhoe, de Christiania, en donne un nouvel exemple dans *Elektrotechnik und Maschinenbau*, du 11 juillet.

On voulait desservir une sous-station par une grande usine centrale située à 8^{km}, dont le matériel, à courant continu, devait être prochainement remplacé par du matériel à courants triphasés. Provisoirement on installa à l'usine un groupe moteur-générateur de 200 kilowatts, alimenté par le courant continu à 550 volts et fournissant des courants triphasés à 5000 volts qui étaient transmis à la sous-station où un groupe moteur-générateur effectuait la transformation inverse. On avait eu soin de prendre les deux groupes absolument identiques, afin de faire servir ultérieurement dans une sous-station le groupe provisoirement installé dans l'usine génératrice. Les essais effectués sur l'installation provisoire accusèrent un rendement de 84 pour 100 pour chaque groupe moteur-générateur, et montrèrent qu'on pouvait amener le facteur de puissance à être égal à l'unité. Lorsque la transformation de l'usine génératrice fut accomplie, on alimenta la sous-station par les courants triphasés produits par les alternateurs de l'usine. On ne trouva plus que 79 pour le rendement du groupe de la sous-station à la même charge de 200 kilowatts, et en outre il était devenu impossible d'obtenir un facteur de puissance égale à l'unité. Pour se rendre compte de la cause de ces résultats, on remit en marche le groupe moteur-générateur de l'usine et l'on fit de nouveaux essais : ils donnèrent les mêmes résultats qu'antérieurement, c'est-à-dire un rendement de 86 pour 100 avec la possibilité d'amener le facteur de puissance à l'unité. La cause de l'affaiblissement du rendement ne pouvait être qu'une modification dans la forme de la courbe du courant. C'est ce que confirma une étude à l'oscillographe, qui montra que la courbe du courant fourni par les alternateurs de l'usine centrale, lesquels ont trois rainures par phase, est différente de celle du courant alternatif produit par un des groupes convertisseurs dont les machines n'ont que deux rainures par phase. En retranchant les deux courbes on obtint une courbe résultante ayant une fréquence triple de la fréquence normale. Cet harmonique augmente les pertes par hystérésis et par courants de Foucault et produit la diminution de rendement observée.

La répercussion financière de cette diminution de rendement est loin d'être négligeable. Le groupe convertisseur de la sous-station fonctionne environ 4000 heures par an, avec une charge moyenne de 60 pour 100 ; comme le prix de revient du kilowatt-heure est de $0^{fr},075$ à l'usine génératrice, la perte annuelle provenant de la diminution de rendement est donc de

$$200\left(\frac{1}{0,79}-\frac{1}{0,84}\right)0,6\times 4000\times 0,075 = 2376^{fr}.$$

Électrochimie : Installation pour la production de l'hydrogène par électrolyse. — Une installation pour la production de l'hydrogène, par le procédé électrolytique, a été montée au fort Amaha, Neb. Le gaz est employé au gonflement des ballons, pour les expériences du U. S. Army Signal Corps. La petite usine, qui a été élevée le long d'un hangar servant de remise pour les ballons, emprunte l'énergie électrique nécessaire à la Omaha Electric Light and Power Company. On y a installé un groupe moteur générateur de 200 kilowatts, composé d'un moteur d'induction, accouplé directement à une génératrice à courant continu, donnant une tension de 66 à 110 volts. L'hydrogène est produit dans des cellules en fonte, par l'électrolyse de la potasse caustique ; il y a 30 cellules en série. Des essais sur la variation de la tension avec la température ont montré que, les 30 cellules étant à leur température maximum, leur tension totale était de 85 volts, ce qui fait donc 2,8 volts par cellule. Quant à l'intensité, elle peut être portée jusqu'à 1500 ampères. Le dégagement d'hydrogène à 1500 ampères est de 23 pieds cubes ($0^{m^3},621$) par heure et par cellule, ou de 690 pieds cubes ($18^{m^3},63$) pour les 30 cellules. Les deux électrodes sont en fer, la négative étant formée par la paroi même de chaque cellule qui a la forme d'un cylindre en fer. L'hydrogène formé sur l'électrode négative est recueilli dans un gazomètre de 50000 pieds cubes (1350^{m^3}). Quant à l'oxygène, il est libéré dans l'air, vu que l'usine ne doit faire aucune opération commerciale.

Il existe aussi des compresseurs, afin de comprimer l'hydrogène dans des bouteilles, pour la commodité du transport.

AVIS.

TABLE MÉTHODIQUE DES MATIÈRES (¹).

CHRONIQUE SYNDICALE.

Union des Syndicats de l'Électricité.

Syndicat Professionnel des Industries électriques.

JURISPRUDENCE ET CONTENTIEUX.

Syndicat Professionnel des Usines d'Électricité.

(¹) Les astérisques placés à la fin d'un titre indiquent que l'analyse correspondante tient moins de 10 lignes.

ÉLECTRICITÉ PURE ET APPLIQUÉE.

Électricité et Magnétisme.

Génération et Transformation.

Transmission et Distribution.

Applications mécaniques.

Traction et Locomotion.

Télégraphie et Téléphonie.

Applications thermiques.

Éclairage.

Électrochimie et Électrométallurgie.

Mesures et Essais.

Variétés.

DIVERS.

Législation, Réglementation.

Chronique financière et commerciale.

Expositions, Congrès, Concours, etc.

Nécrologie.

Bibliographie.

TABLE DES NOMS D'AUTEURS (¹).

(¹) Les astérisques placés à la fin d'un titre indiquent que l'analyse correspondante tient moins de 10 lignes; la lettre (B) indique une analyse bibliographique.

FIN DU TOME XII.

43751 Paris. — Imprimerie GAUTHIER-VILLARS, quai des Grands-Augustins, 55.

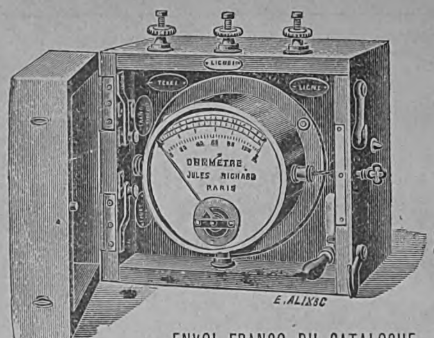


LAMPE "Z"

FABRICATION FRANÇAISE



MESURES ÉLECTRIQUES, ENREGISTREURS ET APPAREILS DE TABLEAUX



ENVOI FRANCO DU CATALOGUE

Courants continus, courants alternatifs simples et polyphasés

NOUVEAUX MODÈLES absolument **APÉRIODIQUES** Brevetés S.G.D.G.

Pour traction électrique : électromobiles, tramways, chemins de fer

Ampèremètres, voltmètres, wattmètres.
Modèle électromagnétique à apériodicité réglable sans aimant permanent.
Modèle apériodique de précision à cadre, système d'Arsonval, Ampèremetres à shunts.
Modèle thermique sans self-induction, apériodique, à consommation réduite.
Compteur horaire, **Boîtes de contrôle, ohmmètres**, etc.

Jules RICHARD, Fondateur et Successeur de la Maison RICHARD, Frères.
25, r. Mélingue (Anc. Imp. Fessart), PARIS. Exposit. et vente : 10, r. Halévy (Opéra)



USINE à IVRY s/SEINE

USINE à IVRY s/SEINE

LAMPE "MÉTAL"

UN WATT PAR BOUGIE

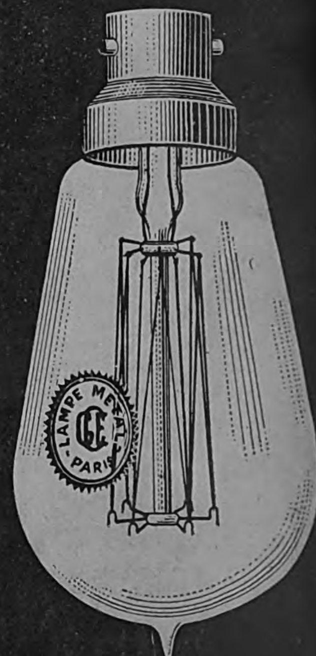
PRIX - 2f.50 75% d'Economie

La Lampe "MÉTAL" de 16 Bougies
consomme moins
qu'une Lampe ordinaire de 5 Bougies

Demander la Marque "MÉTAL" chez tous les Electriciens

VENTE EN GROS

Cie Gle DES LAMPES - 5, Rue Boudreau PARIS



Paris. — Imprimerie GAUTHIER-VILLARS, quai des Grands-Augustins, 55.

43751 *Le Gérant* : GAUTHIER-VILLARS.